



ANKARA  
HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

## GRİ SİSTEM TEORİSİ VE BİR UYGULAMA

Ceren SÜMER

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Murat ATAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI  
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

EKİM 2022



**GRI SİSTEM TEORİSİ VE BİR UYGULAMA**

**Ceren SÜMER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI  
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI**

**ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2022**

## ETİK BEYAN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

Ceren Sümer

07.10.2022

GRİ SİSTEM TEORİSİ VE BİR UYGULAMA  
(Yüksek Lisans Tezi)

Ceren SÜMER

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ekim 2022

**ÖZET**

Karar verme süreçlerinde pratik ve güvenilir modeller kurmak oldukça önemlidir. Bu çalışmada, kripto para fiyatları, eksik bilgi ve küçük örneklem ile başarılı tahminler yapabilen Gri Sistem Teorisinin GM (1,1) modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmanın ikinci bölümünde para kavramı özellikleri ve fonksiyonları dikkate alınarak açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, kripto paraların genel özelliklerinden ve uygulama yapmak üzere seçilen Bitcoin, Ethereum ve Litecoin kripto paralarının ortaya çıkışlarından ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, Gri Sistem Teorisi tanıtılmış ve tahmin için kullanılan GM (1,1) modelinin işlem aşamaları verilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümü olan uygulama bölümünde ise ele alınan kripto paraların fiyat verileriyle GM (1,1) modelleri kurulmuş, kurulan modellerin hata analizleri ile hata oranları belirlenmiştir. Yapılan hata analizi sonucunda kurulan modellerin tahmin yapmak için uygun olduğu görülmüş ve gelecek dönem tahmini yapılmıştır.

Bilim Kodu : 112304  
Anahtar Kelimeler : Gri Sistem Teorisi, Kripto Paralar, Gri Tahmin, GM (1,1)  
Sayfa Adedi : 69  
Danışman : Prof. Dr. Murat Atan

# GREY SYSTEM THEORY AND AN APPLICATION

(M.Sc. Thesis)

Ceren SÜMER

ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY

THE INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

October 2022

## ABSTRACT

It is very important to establish practical and reliable models in decision-making processes. In this study, crypto money prices are estimated using the GM (1,1) model of Grey System Theory, which can make successful predictions with incomplete information and small sample. In the second part of this study, the concept of money is explained by considering its features and functions. In the third chapter, the general characteristics of cryptocurrencies and the emergence and features of Bitcoin, Ethereum and Litecoin cryptocurrencies selected for application are mentioned. In the fourth chapter, the Grey System Theory is introduced and the processing steps of the GM (1,1) model used for forecasting are given. In the application section, which is the fifth part of the study, GM (1,1) models were established with the price data of the cryptocurrencies, and the error rates of the established models were determined. As a result of the error analysis, it was seen that the models established were suitable for estimating and the future period was estimated.

Science Code : 112304  
Key Words : Grey System Theory, Cryptocurrencies, Grey Prediction, GM (1,1)  
Page Number : 69  
Supervisor : Prof. Dr. Murat Atan

## TEŐEKKÖR

Tez alıőmam boyunca bana yardımcı olan ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ok değerli hocam Prof. Dr. Murat ATAN' a sonsuz teőekkÖrlerimi sunarım.

Hayatımın her anında olduğu gibi, tez çalıőmam sırasında da anlayıőları, sevgileri ve sabırlarıyla beni destekleyen sevgili annem Havva SÖmer ve babam Tan SÖmer'e teőekkÖrÖ bir borç bilirim.

Ceren SÖMER

Ankara, Ağustos 2022



## İÇİNDEKİLER

|                                                              | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET .....                                                   | iv           |
| ABSTRACT .....                                               | v            |
| TEŞEKKÜR .....                                               | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....                                            | vii          |
| TABLOLARIN LİSTESİ .....                                     | xi           |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                                     | xii          |
| KISALTMALAR .....                                            | xiii         |
| 1. GİRİŞ .....                                               | 1            |
| 2. PARA KAVRAMI, FONKSİYONLARI, ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ ..... | 5            |
| 2.1. Paranın Tanımı .....                                    | 5            |
| 2.2. Paranın Fonksiyonları .....                             | 5            |
| 2.2.1. Değişim Aracı Olması .....                            | 5            |
| 2.2.2. Hesap Birimi Olması .....                             | 6            |
| 2.2.3. Değer Saklama ve Biriktirme Aracı Olması .....        | 6            |
| 2.3. Paranın Özellikleri .....                               | 6            |
| 2.4. Para Türleri .....                                      | 7            |
| 2.4.1. Takas Sistemi .....                                   | 7            |
| 2.4.2. Mal (Emtia) Para .....                                | 8            |
| 2.4.3. Temsili Para .....                                    | 9            |
| 2.4.4. İtibari Para .....                                    | 9            |
| 2.4.5. Elektronik Para .....                                 | 10           |
| 2.4.6. Sanal Para .....                                      | 11           |
| 3. KRİPTO PARALAR .....                                      | 13           |
| 3.1. Kripto Paraların Genel Özellikleri .....                | 14           |

|                                                                                | <b>Sayfa</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3.2. Avantajları ve Dezavantajları .....                                       | 16           |
| 3.2.1. Avantajları .....                                                       | 16           |
| 3.2.2. Dezavantajları .....                                                    | 18           |
| 3.3. Kripto Paraların Ortaya Çıkışı.....                                       | 19           |
| 3.4. Kripto Para Türleri .....                                                 | 20           |
| 3.4.1. Bitcoin (BTC) .....                                                     | 20           |
| 3.4.2. Ethereum (ETH) .....                                                    | 22           |
| 3.4.3. Litecoin (LTC).....                                                     | 23           |
| 4. GRİ SİSTEM TEORİSİ .....                                                    | 25           |
| 4.1. Temel Kavramlar.....                                                      | 25           |
| 4.2. Temel İlkeler .....                                                       | 27           |
| 4.2.1. Bilgisel Farklılıkların İlkesi .....                                    | 27           |
| 4.2.2. Benzersiz olmama ilkesi .....                                           | 27           |
| 4.2.3. Asgari Bilgi İlkesi.....                                                | 28           |
| 4.2.4. Tanıma Temeli İlkesi .....                                              | 28           |
| 4.2.5. Yeni Bilgi Önceliği İlkesi .....                                        | 29           |
| 4.2.6. Mutlak Grilik İlkesi .....                                              | 29           |
| 4.3. Belirsizlik Kavramı ve Bazı Belirsiz Sistemler ve Karşılaştırmaları ..... | 29           |
| 4.4. Gri Sistemler Teorisinin Disiplinler Arası Araştırmalardaki Konumu .....  | 32           |
| 4.5. Uygulama Alanları .....                                                   | 32           |
| 4.5.1. Gri Üretim.....                                                         | 34           |
| 4.5.2. Gri İlişki.....                                                         | 34           |
| 4.5.3. Gri Kontrol.....                                                        | 35           |
| 4.5.4. Gri Karar Verme .....                                                   | 35           |
| 4.5.5. Gri Modelleme .....                                                     | 36           |
| 4.5.6. Gri Tahmin.....                                                         | 37           |

|                                                                                             | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.6. Gri Sayılar ve Matematiksel İşlemler.....                                              | 41           |
| 4.6.1. Gri Sayılar.....                                                                     | 41           |
| 4.6.2. Matematiksel İşlemler.....                                                           | 42           |
| 4.6.2.1. Toplama işlemi.....                                                                | 42           |
| 4.6.2.2. Toplamsal ters işlem.....                                                          | 42           |
| 4.6.2.3. Çıkarma işlemi.....                                                                | 43           |
| 4.6.2.4. Çarpmaya göre tersi işlemi.....                                                    | 43           |
| 4.6.2.5. Çarpma işlemi.....                                                                 | 43           |
| 4.6.2.6. Bölme işlemi.....                                                                  | 43           |
| 4.6.2.7. Skaler çarpma işlemi.....                                                          | 43           |
| 4.7. Gri Sayıların Beyazlatılması ve Grilik Derecesi.....                                   | 44           |
| 4.7.1. Gri Sayıların Beyazlatılması.....                                                    | 44           |
| 4.7.2. Grilik Derecesi.....                                                                 | 46           |
| 4.8. Literatür Taraması.....                                                                | 47           |
| 5. GRİ SİSTEM TEORİSİ İLE KRİPTO PARA FİYAT TAHMİNİ.....                                    | 49           |
| 5.1. Uygulamanın Amacı.....                                                                 | 49           |
| 5.2. Veri Seti ve Yöntem.....                                                               | 49           |
| 5.3. GM (1,1) Yöntemi ile Seçilen Kripto Para Fiyatlarının Tahmini.....                     | 49           |
| 5.3.1. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin Fiyat Tahmini.....                                     | 51           |
| 5.3.1.1. Bitcoin fiyat tahmini.....                                                         | 53           |
| 5.3.1.2. Ethereum fiyatı tahmini.....                                                       | 55           |
| 5.3.1.3. Litecoin fiyat tahmini.....                                                        | 56           |
| 5.3.2. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin Kripto Paralarının Gelecek<br>Dönem Fiyat Tahmini..... | 57           |
| 6. SONUÇ.....                                                                               | 59           |
| KAYNAKLAR.....                                                                              | 63           |

ÖZGEÇMİŞ ..... 69



## TABLULARIN LİSTESİ

| <b>Tablo</b>                                                                             | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Tablo 2.1. Sanal Para ve Elektronik Para Arasındaki Farklar.....                         | 12           |
| Tablo 4.1. Sistem Karşılaştırmaları.....                                                 | 26           |
| Tablo 4.2. Belirsizlik Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....                             | 31           |
| Tablo 4.3. Disiplinler Arasında Gri Sistem Teorisinin Yeri .....                         | 32           |
| Tablo 4.4. Gri Tahmin Yöntemi ve Geleneksel Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması ..... | 38           |
| Tablo 5.1. Kullanılan Değişkenlere Ait Gerçek Değerler.....                              | 50           |
| Tablo 5.2. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin X (1) Değerleri .....                           | 52           |
| Tablo 5.3. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin z <sup>(1)</sup> Değerleri .....                | 52           |
| Tablo 5.4. Değişkenler Ait a ve b Değerleri .....                                        | 53           |
| Tablo 5.5. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin x <sub>1</sub> Değerleri .....                  | 53           |
| Tablo 5.6. Bitcoin'e Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları .....              | 54           |
| Tablo 5.7. Ethereum'a Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları .....             | 55           |
| Tablo 5.8. Litecoin'e Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları .....             | 56           |
| Tablo 5.9. Ele Alınan Değişkenlere Ait Gelecek Dönem Tahminleri .....                    | 57           |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                       | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 4.1. Tipik Beyazlatma Ağırlık Fonksiyonu .....                                        | 45    |
| Şekil 5.1. Bitcoin'e Ait Gerçek Değerler .....                                              | 50    |
| Şekil 5.2. Ethereum'a Ait Gerçek Değerler .....                                             | 51    |
| Şekil 5.3. Litecoin'e Ait Gerçek Değerler .....                                             | 51    |
| Şekil 5.4. Bitcoin'e Ait Gerçek Değerler ve G (1,1) Modeli ile Tahmin Edilen Değerler.....  | 54    |
| Şekil 5.5. Ethereum'a Ait Gerçek Değerler ve G (1,1)Modeli ile Tahmin Edilen Değerler.....  | 55    |
| Şekil 5.6. Litecoin'e Ait Gerçek Değerler ve G (1,1) Modeli ile Tahmin Edilen Değerler..... | 56    |

## KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklamalar</b>       |
|--------------------|--------------------------|
| <b>BTC</b>         | Bitcoin                  |
| <b>EKKY</b>        | En Küçük Kareler Yöntemi |
| <b>ETH</b>         | Ethereum                 |
| <b>GM</b>          | Gri Model                |
| <b>GST</b>         | Gri Sistem Teorisi       |
| <b>LTC</b>         | Litecoin                 |

## 1. GİRİŞ

Çağlar boyunca sürekli gelişim gösteren para, insanlık tarihinin en büyük icatlarından biridir. Para, insanların gelecekteki ve anlık ihtiyaçlarını karşılamak için biçilen değeri ifade eden tek araçtır. Para kavramı, içinde bulunduğu dönemin koşullarına ve sahip olduğu imkânlarla göre değişik formlarda karşımıza çıkmaktadır. Örneğin; deniz kabuğu, tuz, bakır, fildişi gibi malzemelerle başlayan yolculuğu gümüş, altın gibi değerli madenler ve kâğıt para olarak devam etmiştir. Bu nedenle günümüzde para olarak isimlendirdiğimiz varlık, sonraki zamanlarda para kavramı içerisinde bulunmayabilir. Dolayısıyla, dinamik bir yapıya sahip olan parayı, tek bir tanımla değerlendirmek doğru olmayacaktır. Bir varlığın para olarak değerlendirilebilmesi için değişim aracı, hesap birimi ve tasarruf aracı olma fonksiyonlarına ve taşınabilir, dayanıklı, bölünebilir, taklit edilemez, homojen olma özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Ekonomistler tarafından, bahsedilen bu fonksiyonlar ve özellikler ele alınarak para kavramını, farklı tanımlamalarla açıklamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Para olarak kullanılan varlıkların günümüze kadar sürekli değişim içinde olmasıyla birlikte para kavramı birçok farklı türe ayrılmıştır. Bu türlerin en yaygın örnekleri; değerini yapıldığı madenden alan “Mal (Emtia) Para”, değeri altın ve gümüş ile ölçülen kâğıt paralar olarak açıklanan “Temsili Para” ve değeri merkezi otoriteye bağlı olan “İtibari Para” olarak gösterilebilir. Teknolojik ve ticari gelişmeler ve internet kullanımının yaygınlaşması, geleneksel paraların yerini alabileceği düşünülen “Elektronik Para”, “Sanal Para”, “Kripto Para” kavramlarını ortaya çıkarmıştır.

Geleneksel para kavramına karşı ortaya çıkan kripto paralar, oldukça önemli bir teknolojik yeniliktir ve her geçen gün tanınırlığı artmaktadır. Elektronik ortamda ve sanal para olarak kullanılan ve şifreleme teknolojisi ile güvenli işlemler yapılmasına olanak sağlayan dijital varlıklar, kripto para olarak adlandırılmaktadır. Kripto para, geleneksel para yerine geçen alternatif bir para birimidir ve hem dijital hem de sanal paradır (Çarkacıoğlu, 2016).

Kripto paraların en önemli özellikleri herhangi bir merkezi otorite tarafından yönetilmemesi ve Blockchain (Blokzincir) adı verilen bir açık defter teknoloji üzerine kurulmuş olmasıdır. Blockchain, yapılan işlemlerin hesap hareketi kaydını

gösteren bir veri tabanıdır. Her bir hesap hareketi kaydı, gerçekliğini korumak için elektronik bir şekilde imzalanmakta ve hiç kimse imzalanan bu kayda müdahale edememektedir.

Temeli 1980'li yıllara dayanan kripto paraların, hayatımıza girmesi 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma isimli kişinin Bitcoin adlı kripto para birimini tanıtmalarıyla olmuştur. Bitcoin, kripto paralar içerisinde en çok bilineni ve merkezi otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto paradır. Kripto paraların öncüsü olan Bitcoin'in günden güne popülerliğinin artması ve başarılı olması birçok alternatif kripto para birimini ortaya çıkarmıştır. Bu alternatif kripto para birimlerine altcoin denilmektedir ve Bitcoin ile aynı tasarım yapısında olup tamamen farklı ağlar üzerinde varlığını sürdürmektedir. Günümüzde IOTA, Ethereum, Litecoin ve Ripple vb. 20000 aşkın altcoin bulunmaktadır.

Kripto paralar için, birçok araştırmacı, ticarete engel durumları ve aracı kurumları ortadan kaldıracığı için işlem maliyetlerinin düşeceğini ve ekonomiyi güçlendireceğini savunsa da yasadışı kullanım, yüksek volatilité ve depolama eksikliği gibi risklerin geleceğini olumsuz etkileyeceğini savunan karamsar düşünceler de vardır.

Gri Sistemler, bir sistemin davranışı, çalışma şekli ve yapısı hakkında bilgi eksikliği olan sistemlerdir. Gri Sistem Teorisi (GST), Çinli bilim insanı Julong Deng tarafından 1982 yılında ortaya atılmıştır (Deng, 1982). Bu teorinin ortaya çıkmasının başlıca nedeni, belirsiz sistemlerin tepkilerini, eksik bilgi ve küçük örneklem ile tahmin etmektir.

Gri bir sistem araştırılırken ortaya çıkan en önemli problem tahmin modellemesidir. Gri modelleme (GM), yapay kavramlar kullanarak gri fark denklemlerini gri diferansiyel denklemlere dönüştürmek ve gri ilişki eşitlikleri oluşturmak için kullanılmaktadır. Bir GM modeli oluşturmak için, sadece 4 veriye ihtiyaç olmaktadır (Deng, 1989). Ayrıca, GM modelinde kullanılacak verilerin hepsinin değerleri pozitif olmalı ve zaman serileri aynı örnekleme frekansında olmalıdır.

GM (1,1), gri modeller içerisinde kaynaklarda en çok rastlanan modeldir. Bu model, birinci dereceden tek değişkenli gri model olarak ifade edilmektedir ve bir zaman serisi tahmin modelidir. Yeni verileri tahmin için uygun hale getiren ve böylece etkili tahminler yapabilen bir modeldir.

Bu çalışmanın amacı, Bitcoin, Ethereum, Litecoin gibi büyük piyasa değerlerine sahip üç farklı kripto paranın, geçmiş fiyatlarından yola çıkarak gelecek dönem fiyatını gri tahmin yöntemi ile tahmin etmektir. Çalışma, giriş ve sonuç bölümleriyle birlikte altı bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde, ilk olarak para kavramı tanımlanmış, bununla beraber paranın fonksiyonları, özellikleri ve türleri açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, kripto para kavramının tanımı, özellikleri, avantajları-dezavantajları ve tarihsel gelişimi anlatılmıştır. Ek olarak, Bitcoin ve uygulamada kullanılmak üzere seçilen Ethereum ve Litecoin kripto para türleri açıklanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, Gri Sistem Teorisi hakkında bilgi verilmiş, temel kavramları, temel ilkeleri ve uygulama alanları açıklanmıştır. Ayrıca, bu çalışmanın uygulamasında kullanılan Gri Tahmin Yöntemi anlatılmış ve GM (1,1) ile modelleme ve tahmin aşamaları teorik olarak gösterilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü olan uygulama bölümünde ise gri tahmin yöntemi ile Bitcoin, Ethereum ve Litecoin kripto para birimlerinin ayrı ayrı fiyat tahminleri yapılmıştır.

Uygulamada, Bitcoin, Ethereum ve Litecoin değişkenleri için, 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihlerine ait fiyat verileri kullanılmış ve Microsoft Excel yardımıyla analiz yapılmıştır.



## **2. PARA KAVRAMI, FONKSİYONLARI, ÖZELLİKLERİ VE TÜRLERİ**

### **2.1. Paranın Tanımı**

Para, geçmişten bugüne kadar sürekli değişim gösteren ve alan yazında, özellikle ekonomik araştırmalarda, önemli bir yeri olan sosyal bir kavramdır. Para kavramı, herkes tarafından farklı ifade edilmiş ve ortak bir tanıma ulaşılamamıştır. Bu sebeple, paranın tanımını yapabilmek için paranın fonksiyonlarını ve özelliklerini ele alarak en kapsamlı tanımın ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Turgut ve Uçan, 2021). Aslında paranın tanımına ilişkin belirli bir sınır bulunmamaktadır. Bunun sebebi, paranın toplumdan topluma ve bir toplum içinde zamanla değişim gösteren dinamik bir yapıya sahip olmasıdır (Öztürk ve Koç, 2016).

Amerikalı ekonomist John K. Galbraith, paranın tanımını “insanların para olarak kabul edebileceği her şey” şeklinde ifade etmiş ve bu tanım en ünlü para tanımı olarak kabul edilmiştir (Öztürk ve Koç, 2016). Ancak ifade edilen bu tanımın çok genel olmasından dolayı ekonomistler parayı tanımlarken, paranın somut ve soyut anlamlarını birer birer ele almışlardır. Paranın somutluğunu tanımlarken, paranın bir değişim aracı olma fonksiyonu, soyutluğu tanımlanırken ise hesap birimi olma ve değer saklama aracı olma fonksiyonlarından yararlanılmıştır (Turgut ve Uçan, 2021). Bu durum kapsamında ekonomistler tarafından para, en genel anlamıyla, “bir malın ya da hizmetin satın alınmasıyla, bu malın ya da hizmetin bedelinin diğer tarafa ödenmesi ya da borçların geri ödenmesi için kullanılan genel olarak kabul gören her şey” şeklinde tanımlanmıştır (Öztürk ve Koç, 2016).

### **2.2. Paranın Fonksiyonları**

Para ister bir deniz kabuğu, bir taş, bir altın ya da bir kâğıt parçası olsun, her ekonomi için değişim aracı, hesap birimi ve değer saklama aracı olma fonksiyonlarına sahip olması gerekmektedir (Mishkin, 2004).

#### **2.2.1. Değişim Aracı Olması**

Parayı hisse senedi, bono, tahvil ve benzeri varlıklardan ayıran en önemli özelliği bir değişim aracı olma fonksiyonudur. Bir ekonomide para birimi ya da çek şeklindeki para, değişim aracıdır ve insanların ihtiyacını giderecek mal ve hizmetlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Paranın bir değişim aracı olarak kullanılmasıyla, bir mal ya da hizmetin diğer bir mal ya da hizmet ile takasına dayanan bir ödeme

sisteminin yol açacağı karışıklık engellenmiş ve mal ve hizmetlerin değiştirilmesinde harcanan zaman en aza indirilmiş olmaktadır. Bu durum ekonomik verimliliği arttırmaktadır. Paranın bir değişim aracı olarak kullanılabilmesi için herkes tarafından kabul görmesi yeterlidir (Mishkin, 2004).

### **2.2.2. Hesap Birimi Olması**

Bir ekonomide fazla sayıda mal ve hizmet bulunmaktadır. Bu mal ve hizmetler değerleri, para birimi cinsinden ölçülmekte ve bu durum paranın hesap birimi olma fonksiyonunu göstermektedir (Turgut ve Uçan, 2021). Eğer her bir mal ve hizmetin değeri takas yapıldığı diğer bir mal ve hizmet ile ifade edilirse, her malın birden çok değeri olmaktadır. Böyle bir durum, mal ve hizmetin değerini tanımlanırken büyük bir karışıklığa yol açabilmektedir. Başka bir ifadeyle, para hesap birimi olarak kullanıldığında gereksiz hesaplamaları engellemektedir. Hesap birimi olan para sayesinde, her bir mal ve hizmet para cinsinden tek bir fiyata sahip olmaktadır.

### **2.2.3. Değer Saklama ve Biriktirme Aracı Olması**

Para, mal ve hizmetler satın alırken bir değişim aracı olarak kullanılması için aynı zamanda değerini saklama özelliğinin de olması gerekmektedir. Değer saklama, gelirin elde edildiği ve harcanacağı zaman aralığında satın alım gücünü koruması anlamına gelmektedir (Turgut ve Uçan, 2021). Çoğu birey ihtiyacı olandan daha fazla paraya olduklarında ya da daha iyi bir yaşam sürmeyi hedeflediklerinde, şimdiki ihtiyaçlarını erteleyerek tasarruf etmeyi tercih edebilmektedir. Bu durumda paranın değer saklama ve biriktirme fonksiyonu, önemini göstermektedir. Bir değer saklama aracı olan paranın yanı sıra hisse senedi, tahvil, sanat eseri, mücevher ve benzeri birçok varlık da değerleri depolamak için kullanılabilir (Mishkin, 2004). Birçok değer saklama aracı olmasına rağmen para genel olarak kabul görmektedir. Bunun nedeni paranın yüksek bir likiditeye sahip olmasıdır. Likidite, bir ekonomide herhangi bir varlığın başka değişim aracına dönüştürülmesinin kolay ve hızlı olmasıdır.

## **2.3. Paranın Özellikleri**

Bir maddenin, para olarak tanımlanabilmesi ve başta değişim aracı olmak üzere para fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Bu özellikler kısaca aşağıdaki gibi açıklamaktadır (Turgut ve Uçan, 2021; Şahin, 2016):

- *Homojenlik*: Para olarak kullanılacak maddenin, aynı şekle, ağırlığa ve hacme sahip diğer bir madde ile aynı değerinde olmasıdır (Şahin, 2016). Homojenlik özelliği, madenler içinde en çok altın ve gümüş madenlerinde görülmektedir. Aynı zamanda günümüzde kullanılan kâğıt paralar da homojenlik özelliğini yansıtmaktadır.
- *Taşınabilirlik*: Paranın çeşitli ortamlarda gerçekleştirilen mal ve hizmet alımlarında rahatlıkla kullanılabilmesi için, para kolay taşınabilmelidir. Aksi bir durumda paranın yaygın olarak kullanılması mümkün olmamaktadır.
- *Dayanıklılık*: Bir maddenin para olarak tanımlanabilmesi için mümkün olan en uzun süre değerini kaybetmeden kalabilmesi gerekmektedir. Bu sürenin uzunluğu o maddenin para olarak kullanılma durumunu artırır.
- *Bölünebilirlik*: Herhangi bir malın alımında kullanılacak varlığın, alınacak malın değerini tam karşılayabilmesi için parçalara ayrılabilmesi gerekmektedir.
- *Taklit Edilememe*: Kolayca taklit edilebilen bir madde değerini korumakta yetersiz kalacaktır. Günümüzde kullanılan paraların taklit edilmesini önlemek için özel kâğıtlar, metal şeritler ve filigran kullanılmaktadır.
- *Genel Kabul Görme*: Paranın piyasada var olabilmesi için toplumdaki herkes tarafından kabul görüp tüm mal ve hizmet alışverişlerinde geçerli olması gerekmektedir.
- *Kolay Algılanabilme*: Ticaret esnasında paranın, insanlar tarafından kolayca gerçek olup olmadığı algılanabilmesi gerekmektedir.

## **2.4. Para Türleri**

Para geçmişten günümüze kadar sürekli farklı şekillerde karşımıza çıkmıştır. Bu bölümde kısaca bu türler açıklanmaya çalışılmıştır.

### **2.4.1. Takas Sistemi**

Tarihin ilk ticaret sistemi olan takas, bir değişim aracı kullanmadan, ihtiyaçlarını karşılamak isteyen taraflar arasında değiş-tokuş işlemi ile malların el değiştirmesi olarak açıklanmaktadır. Başka bir ifadeyle takas ekonomisi, bir değişim aracının olmaması sebebiyle, bulunduğu dönemin koşullarına uygun ve yalnızca ticarete konu

olan malların, karşılıklı ihtiyaçlara göre takasını ön gören bir sistemdir. Takas ekonomisinde insanlar, mallarını değiş-tokuş ederek var olan bütün ihtiyaçlarını karşılayabileceklerini düşünseler de takas işlemini gerçekleştirirken sistem içerisinde birçok problemle karşılaşmışlardır ve sistemin işleyişi etkin olamamıştır. Karşılaşılan problemlerin en önemlisi, takas işlemini gerçekleştirecek tarafların aynı zamanda aynı yerde bulunamaması durumu olmuştur. Bu durumdan dolayı takas işlemi, uzun bir zaman ve çaba gerektirmekte ve sistem içindeki takas işleminin maliyetini oldukça arttırmıştır. Başka bir problem ise ekonomistler tarafından “isteklerin çifte tesadüfü” olarak adlandırılan tarafların isteklerinin uyuşması ve mallarını satmayı ve almayı kabul etmesi durumunun gerçekleşmemesidir. Bu durum serbest ve sürdürülebilir ticarete engel olmuştur. Takas ekonomisinde ortaya çıkan birçok zorluktan dolayı, ticaret yapmak için yeni ödeme yöntemleri geliştirilmiştir (Aşar, 2016; Turgut ve Uçan,2021; Şıklar, 2004)

#### **2.4.2. Mal (Emtia) Para**

Takas ekonomisinde karşılaşılan problemler, emtia para sisteminin ortaya çıkarmıştır. Mal (emtia) para, tüketime konu olan ve toplumda değerli kabul edilen fiziki varlıkların para olarak kullanılması olarak açıklanmaktadır. Başka bir ifade ile değerini yapıldığı maddeden alan paralar mal (emtia) para olarak adlandırılmaktadır. Tarihte farklı bölgelerde tuz, bakır, çay, bazı hayvanlar, midye kabukları, fildişi, inci, çivi, keçiboynuzu, deniz kabukları ve benzeri maddeler para olarak kullanılmıştır. Daha sonra günümüzde hala kabul gören ve değerini koruyan altın ve gümüş maddeleri ile oluşan metal paralar ödeme aracı olarak kullanılmıştır (Çarkacıoğlu, 2016;Şahin, 2016).

Mal para yerine kullanılan varlıkların en temel özelliği kendiliğinden yüksek değerleri olmasıdır. Ancak kullanılan mal paralar ile ilgili bazı problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemlerden biri ve en büyüğü, mal para olarak kullanılan paraların bir alandan başka bir alana taşınmasının oldukça zor olmasıdır. Bir diğer problem ise değerli madenlerden oluşturulan madeni paraların nominal değerleri ile madeni değerleri arasında zamanla farklılıklar oluşmuş ve mal paranın madeni değerlerinin azaltılması durumu ile karşılaşmıştır (Turgut ve Uçan,2021; Arıkan, 2020).

Zaman içerisinde, piyasada nominal değeri aynı fakat maden içeriği farklı olan iki adet mal ortaya çıkmıştır. Ekonomide iki farklı paranın ortaya çıktığı bu durumu Gresham adında bir araştırmacı, paraların nominal değerleri eşit olsa da tüketicilerin, maden içeriği değerli olan mal parayı saklayacağını ve değeri düşük olanı elden çıkaracağını ifade etmiştir. O dönemin piyasasında gümüş bir değişim aracı olarak kullanılıp altın tasarruf aracı olarak saklanmıştır. Bu durum “kötü para iyi parayı kovmuş” şekline ifade edilmiştir. Ekonomi biliminde, kötü paranın iyi parayı kovması durumu Gresham Yasası olarak adlandırılmaktadır (Turgut ve Uçan,2021).

### **2.4.3. Temsili Para**

Mal para kullanımında birçok problemle karşılaşıldığından, mal para sistemi zamanla temsili para sistemine dönüşmüştür. Temsili para, değerli madenler karşılığında kullanılan ve yeniden o madenlere çevrilebilen paralar olarak açıklanmaktadır. Temsili paralar geçmişten günümüze sırasıyla, altın ve gümüş sertifikaları, banknot, kâğıt para ve madeni paradır. Temsili paralar, üzerinde yazılı olan rakam karşılığı altın ya da gümüş ödemesi yapılacağını belirten ödeme araçlarıdır. Temsili paraların nominal değerleri ile reel değerleri farklı olduğu için değerleri üzerine yazılan değerlerin oldukça altındadır.

Temsili para sisteminde, insanlar ellerindeki altınları kuyumculara verip yerine ödeme aracı olarak kullanabilecekleri senetler almışlardır. Bu senetleri istedikleri zaman tekrar altına çevirmiş ya da alışverişlerde ödeme aracı olarak kullanmışlardır. Bu durum daha sonralarda bankaların devreye girmesine ve altın karşılığında banknotlar basmasına yol açmıştır (Evlimoğlu ve Gümüş, 2018).

### **2.4.4. İtibari Para**

Temsili paranın ileri bir uyarlaması olan itibari para, mal olarak bir değeri bulunmayan ancak mal ve hizmet alışverişlerinde değeri olan, taklit edilemeyeceğine dair merkezi otoriteye güven üzerine kurulan ve altın ya da gümüş karşılığı bulunmayan kâğıt paralar olarak açıklanmaktadır. İtibari paralar, sadece kâğıt parçasından ibaretlerdir ve mal paralar gibi gerçek değerlere sahip değildir. Bu paraların kullanılmasındaki tek neden, merkezi otoritenin bu kâğıt parçalarını bir ödeme aracı olarak duyurması ve vatandaşların bu durumu kabul etmesidir. (Çarkacıoğlu, 2016).

İtibari paralarda kullanılan kâğıtların maliyetlerinin düşük olması nedeniyle merkezi otorite ekonomik amaçlara ulaşırken para miktarını istediği biçimde belirleyebilmektedir. Böylece kâğıt kullanımıyla, çeşitli sınırlamaların ortadan kalktığı ve serbestleştiği bir para sistemi oluşmaktadır.

#### **2.4.5. Elektronik Para**

Bilim ve teknolojinin gelişmesi, paranın da hızla dönüşümüne yol açmıştır. Para, eski zamanlarda mal ve hizmet değiş tokuşuna dayalıyken yaşanan gelişmelerle birlikte değerli madenler para olarak kullanılmış ve sonrasında temsili paralar ve kâğıt paralar ortaya çıkmıştır. Paralar üzerindeki bu hızlı değişim, elektronik para kavramını ortaya çıkarmış ve yaygınlaşmasını sağlamıştır (Özbaş, 2019).

Elektronik para, elektronik ortamlarda transferi yapılabilen ve saklanabilen para olarak tanımlanmaktadır. Daha geniş bir anlamda ise elektronik para, yapılacak işlemlerde bankanın hesaplamalarına ihtiyaç duyulmadan paranın değerini elektronik bir ortamda teknolojik bir aygıt içerisine depolanması ve her türlü alışverişte elektronik araçlar aracılığıyla ödeme işleminin gerçekleşmesine olanak sağlayan sistem olarak açıklanmaktadır (Öztürk ve Koç, 0000;Turgut ve Uçan, 2021).

BIS (Bank for International Settlements)' in 2001'de yayınladığı raporda elektronik para, yazılım tabanlı ve kart tabanlı ürünler olarak ele alınmıştır. Yazılım tabanlı ürünleri, bilgisayar yazılımlarının içinde depolanabilen elektronik para olarak ve kart tabanlı ürünleri, daha öncesinde ödenmiş kartlar ve elektronik cüzdanlar olarak ifade etmiştir (Özbaş, 2019).

Avrupa Birliği ise hazırladığı ilk direktif taslağında elektronik parayı (Association of E-money Institutions in the Netherlands, 2002):

- Elektronik cihazlarda (Çipli kartlar veya bilgisayar bellekleri gibi) elektronik olarak saklanan,
- İhraç eden kurumun dışındaki diğer girişimler tarafından da bir ödeme aracı olarak kabul edilen,
- Madeni ve kâğıt paralar için elektronik bir aracı olarak hizmet etmek üzere oluşturulan,
- Sınırlı ödemelerin elektronik olarak transferi için üretilen, parasal bir değer olarak tanımlanmaktadır.

Araştırmalar sonucu elektronik para ile ilgili farklı tanımlamalar yapıldığı görülmüştür. Bu durum elektronik paranın, ortaya çıkışından beri sürekli bir gelişimi olduğuna işaret etmektedir.

Elektronik para temel olarak, elektronik ödeme sistemi olarak ifade edilmektedir. Elektronik ödeme, kredi kartları, banka kartları, ön ödemeli kartlar ve elektronik kontrollerden oluşmaktadır. Bunların yanında birçok ödeme alternatifleri bulunmakta ve oldukça fazla avantajlar içermektedir. Ayrıca elektronik para bir fon transferi olarak tanımlanır. Bu transfer, bankaların arasındaki ödemeler sisteminin içinde elektronik olarak başlamakta ve işletilmektedir.

Bilim ve teknolojiadaki hızlı gelişmeler elektronik para ürünlerinin oldukça fazlaşmasına neden olmaktadır. Elektronik para, nakdin elektronik bir tanımıdır ve Dijicash, Netcash, Mondex, Cybercash, First virtual, Paypal, Visacash gibi birçok çeşidi bulunmaktadır (Yüksel, 2015)

Elektronik para, paranın taşınması gereken bütün özellikleri taşımaktadır. Bu özelliklerin yanına aşağıdaki özellikler de ilave edilebilir.

- Mobil ödemeleri kolaylaştırır ve hızlandırır.
- Gerçekleştirilen transferlerin güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar.
- Her konumdan ve her zaman kesinti olmadan aktarılan bir mekanizmaya sahiptir.
- Para transferinde maliyeti oldukça düşürmektedir.
- Kişisel verileri korumaktadır.

Elektronik para birimlerinin bu özellikleri kullanıcıların beklentileri karşıladığı için popülerliği günden güne artmaktadır (Atış, 2014).

#### **2.4.6. Sanal Para**

Alan yazında, sanal paranın tanımı ile ilgili birçok tanımlamayla karşılaşmaktadır. Sanal paranın en yaygın kullanılan tanımı 2013 yılında Avrupa Merkez Bankası tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre sanal para, “herhangi bir düzenlemesi olmayan, belli sanal ortamlarda kabul edilen ve onu geliştiren kişilerin kontrol ettiği bir elektronik para” olarak ifade edilmiştir (Fidan vd., 2019). Ancak 2015’in Şubat ayında düzenlenen tanıma göre, “herhangi bir kredi kuruluşu, merkez bankası ya da e-para kuruluşu tarafından çıkarılmadığı halde, bazen paranın alternatifi olarak kullanılabilen sanal bir değer” olarak belirtilmiştir (Özbaş, 2019). Avrupa Bankacılık

Komitesi'nin 2014'teki tanımına göre sanal para, "herhangi bir kamu otoritesi ya da merkez bankası tarafından ihraç edilmese de yasal kişiler tarafından ya da doğal bir şekilde ödeme, saklama, transfer ve elektronik olarak kabul edilen, herhangi bir karşılığının olması şart olmayan bir değer dijital olarak temsilidir" şeklinde ifade edilmiştir. Son olarak, Amerikan Hazine Bakanlığı ise "gerçek paraların bütün özelliklerini taşımadığı halde, bazı durumlarda para yerine kullanılabilen bir değişim medyasıdır" şeklinde tanımlamıştır (İnci, 2018).

Bu tanımlamalardan yola çıkarak, sanal paranın bir elektronik para türü olduğunu söyleyebilmekteyiz. Ancak sanal para ve elektronik para arasında farklılıklar bulunmaktadır (Yüksel, 2015). Bu farklılıklar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

| <i>Elektronik Para</i>                                                                       | <i>Sanal Para</i>                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Yasal kurumlar tarafından çıkarılır ve denetlenir.                                           | Finans alını dışındaki özel kişilerce çıkartılır ve herhangi bir denetim bulunmaz. |
| Euro, Dolar, Türk Lirası gibi yasal olarak geçerliliği olan bulunan paralar hesap birimidir. | Kripto paralar gibi yasal olarak geçerliliği olmayan paralar hesap birimidir.      |
| Arz sabittir.                                                                                | Arz sabit değildir, çıkaran kişi tarafından belirlenir.                            |
| Herkes tarafından kabul edilir.                                                              | Sanal bir topluluk tarafından kabul edilir.                                        |
| İtibari değeri garantilidir.                                                                 | İtibari değeri garanti değildir.                                                   |

Tablo 2.1. Sanal Para ve Elektronik Para Arasındaki Farklar

### 3. KRİPTO PARALAR

Günümüzde, bilim ve teknolojinin hızla gelişimi, mobil kullanımın her geçen gün artışı ve internetin her ortamdan kolay ulaşılabilirliği ile birlikte, para kavramı da başladığı noktada kalmamış ve insan ihtiyaçları doğrultusunda değişmiştir. Bu değişim ile geleneksel para kavramına karşı ortaya çıkan kripto paralar, oldukça önemli bir teknolojik yeniliktir ve her geçen gün tanınırlığı artmaktadır.

Sanal para olarak kullanılan ve şifreleme ile güvenli işlem yapılmasını sağlayan dijital varlıklar, kripto para olarak adlandırılmaktadır. Kripto para, geleneksel para yerine geçen alternatif bir para birimidir ve hem dijital hem de sanal paradır (Çarkacıoğlu, 2016).

Kripto paralar, güvenlik bakımından kriptoloji bilimini kullanmaktadır. Kriptoloji kelimesi, eski Yunanca bir kelime olan ve gizlilik anlamına gelen “kryptos” kelimesinden oluşturulmuştur. Kriptoloji bir şifreleme bilimidir ve bilgilerin, belirli bir sisteme göre gizlenmesi, güvenli bir şekilde gönderilmesi ve ortaya çıkarılması olarak açıklanmaktadır. Kriptolojinin bir alt sistemi olan kriptografi ise “kryptos” ve Yunanca yazı anlamına “graphein” sözcüklerinin birleşiminden türetilmiştir. Kriptografi (şifreleme), bilgilerin okunamayan bir forma dönüştürülmesinde kullanılan matematiksel bir tekniktir (Usta ve Doğantekin, 2018; Kaya, 2021; Akleylek vd, 2012). Dolayısıyla kripto para kavramının anlaşılabilmesi için kriptografi (şifreleme) kavramı hakkında yeterli bilgiye sahip olunması yararlı olacaktır.

Şifreleme ile herhangi bir bilgi kümesi, belirli bir kurallar bütünü kullanılarak rastgele görünen anlamsız bir bilgi kümesine dönüştürülür. Bu anlamsız bilgi kümesi, sadece şifreleme işlemi yapılırken kullanılan anahtara sahip kişi veya kişiler sayesinde özgün ve anlamlı durumuna geri getirilebilir. Dolayısıyla bu anahtara sahip olmayan kişiler için hiçbir anlam ifade etmemektedir. Bu durumda şifreli bilginin ne şekilde depolandığının bir önemi olmamakla birlikte sadece anahtara sahip kişi veya kişiler tarafından anlamını korumaya devam etmektedir (Usta ve Doğantekin, 2018).

Bankacılık sisteminde kullanılan, banka ve kredi kartları ile sanal ortamda yapılan her işlemde sanal paralar kullanılmaktadır. Bankanın kasasından paralar, somut olarak çıkmadan sanal olarak gönderilmektedir. Kripto paraların sistemi de aynı mantıkla işlemektedir. Ancak kripto paralar, bankacılık sistemindeki paraların tersine

herhangi bir otorite tarafından yönetilmezler yani merkezi olmayan bir sistem yapısına sahiplerdir (Çarkacıoğlu, 2016; Kaplanhan, 2018).

Kripto paraların ayakta kalmasını sağlayan en önemli özellik Blockchain (Blokzincir) olarak adlandırılan açık bir dijital defter teknolojisidir. Blockchain, hesap hareketi kaydını gösteren bir veri tabanıdır. Her bir hesap hareketi kaydı, gerçekliğini korumak için dijital bir şekilde imzalanır ve hiç kimse imzalanan bu kayda müdahale edememektedir (Turgut ve Uçan, 2021).

Kripto paraların temeli 1980’li yıllara kadar dayanmaktadır. Ancak kripto para birimlerinin arasından en bilineni, 2008 yılında gerçek kimliği belirsiz Satoshi Nakamoto takma isimli kişi tarafından oluşturulan Bitcoin’dir. Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından yönetilmeyen ilk kripto paradır ve kripto paranın öncüsü olarak düşünülmektedir. Bitcoin’in başarılı olması ve popülerliğinin artması ile birçok kripto para ortaya çıkmıştır. Bitcoin’e alternatif olarak ortaya çıkan bu kripto paralar, altcoin (alternatif coin) olarak adlandırılmaktadır ve günümüzde IOTA, Ethereum, Litecoin ve Ripple gibi yaklaşık 20000 adet altcoin bulunmaktadır (Heidari, 2020; Turgut ve Uçan, 2021).

Kriptografik sistem kullanarak işlemleri güvenli bir şekilde yapılmasına aracı olan Kripto paraların tanımlamalarıyla ilgili birçok farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bazı bölgelerde alternatif bir para birimi olarak tanımlanırken bazı bölgelerde bir yatırım aracı olarak ifade edilmektedir.

Kripto para birimleri, kriptografi temelli blokzinciri olarak adlandırılan bir yapı kullanılarak oluşturulan, fiziksel varlıkları olmayan, herhangi bir merkezi bulunmayan, herhangi bir otorite tarafından kontrol edilemeyen, taraflar arası hızlı, düşük maliyetli ve güvenli bir para transferi sağlayan elektronik ortamlarda işlem gören sanal para birimleri olarak tanımlanabilir (Şahin, 2018).

### **3.1. Kripto Paraların Genel Özellikleri**

Bulduğumuz yıl (2022) itibariyle kripto para piyasasında 19.731 tür kripto para (bitcoin ve altcoinler) bulunmaktadır (<https://coinmarketcap.com/tr/?page=101>, Erişim Tarihi: 01/08/2022). Her bir kripto paranın arasında farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Çarkacıoğlu, 2016; Dizkırıncı ve Gökğöz, 2018; Lansky, 2018; Gül, 2020; Turgut ve Uçan, 2021);

- *Merkeziyetsizlik:* Kripto paralar merkezi otoriteden bağımsız para birimleridir ve dağıtık bir yapıdadır. Bu para birimlerinin kontrolü Blockchain veri tabanı ile gerçekleştirilmektedir.
- *Yeni arz oluşturma kuralları:* Yeni bir kripto paranın üretimi sistemin belirlediği kurallar sınırlarında gerçekleşir. Mevcut olan maliye ve para politikalarına bağımlı olmayan kripto paralar, sistemin kuruluş aşamasında, kamuya açık bir şekilde ve tüm kişiler tarafından bilinen oranda sistem kullanıcıları tarafından üretilmektedir. Kripto paralarda arz olacak para miktarı, kaç adet arz edildiği önceden bellidir ve sistem tarafından açık bir şekilde paylaşılmaktadır.
- *Aracı kurumun olmaması:* Kripto para sisteminde aracı veya üçüncü bir taraf bulunmamakta ve güven gerekli görülmemektedir. Karşılıklı olarak birbirlerine güvenmeyen madenciler (sistem üzerinde, algoritmalar ile sınırlı sayıda para üreten ve kazananlara verilen isim) aracılığı ile hesap defterinin doğruluğu, güvenlik ve bütünlük sağlanmaktadır.
- *Kamuya açık hesap kaydı:* Blockchain alt yapısıyla, kripto para ağında yapılan her bir işlemin kayıtları tutulur, bu kayıtlar sisteme bağlı olan her konuma dağıtılır ve her konumda aynı kayıtların bulunmasına olanak sağlar. Bu işlem kayıtları açık defter anlamına gelen “pubicledger” olarak adlandırılır. Pubicledger aracılığıyla yapılan bütün kripto para işlemleri kamuya açık bir hale gelmektedir. Kripto sistemde işlem yapanların kimlikleri gizlidir ancak her transfer işlemi görülebilir.
- *Kriptografik sistem:* Kripto paraya sahip olduğu sadece kriptografi (şifreleme) yöntemleri ile kanıtlanabilir. Bir kripto paranın üretilmesi, saklanması ve transfer edilmesi sadece kriptografik sistemler kullanılarak yapılabilir.
- *Mülkiyetinin değiştirilebilirliği:* Kripto para, sahibinin izniyle el değiştirebilir. Ancak aynı kripto para için aynı anda iki farklı işlem yapılması durumunda sistem sadece birini gerçekleştirir. Ayrıca kripto paralar (bitcoin ve altcoinler) kendi aralarında da değiştirilebilir.

Kripto paralar değerini, devlet itibarından veya maden değerinden almayıp bir değiş-tokuş aracı veya emtia olarak kabul görmesinden almaktadır. Kripto paraların değeri piyasada anlık arz ve talebe göre belirlenmektedir (Eğilmez, 2017).

Kripto paralar için, paranın bazı temel özelliklerini karşılayabildikleri söylenirken bazı özelliklerine ise uygun olmadıkları söylenebilir. Örnek olarak, taklit edilememe,

bölünebilirlik, dayanıklılık ve taşınabilirlik gibi özellikleri karşılarlar. Ancak yüksek oynaklık sebebiyle değerlerini tam olarak koruyamazlar ve günümüzde resmî kabulleri yoktur.

### **3.2. Avantajları ve Dezavantajları**

Kripto paraların geleceği hakkında farklı ve karşıt görüşler bulunmakla birlikte piyasada kendisini yeni gösterip alışılmışın dışında özellikler sergilemesinden dolayı avantajlarını ve dezavantajlarını açıklamak oldukça önemlidir.

Birçok akademisyen, ticarete engel olan durumları ve aracı kurumları ortadan kaldıracığı için kripto paraların geleceğinin oldukça parlak olduğunu, yapılan işlemlerin maliyetini düşüreceğini ve bundan dolayı da ekonomiyi güçlendireceğini düşünmektedir. Ancak akademi dünyasındaki, yasadışı kullanım riski, yüksek volatilité riski ve depolama eksikliği gibi durumların kripto paraların gelecekteki konumunu olumsuz etkilediğini öne süren karamsar düşünceler de dikkate alınmalıdır.

#### **3.2.1. Avantajları**

Kripto paraların bazı avantajları aşağıdaki gibi açıklamaktadır (Kaplanhan, 2018; Turgut ve Uçan, 2021; Bunjaku vd, 2017):

- *Enflasyon riski olmaması:* Arz edilecek miktar sınırlıdır. Sistemde bu durumu değiştirecek hiçbir siyasi güç ya da kurum olmadığı için enflasyonun gelişme ihtimali yoktur.
- *Eşler arası (P2P) işlem ağı:* Bu ağlarda yapılan tüm işlemlerden sorumlu olan bir ana sunucu bulunmamaktadır. Para alışverişi iki, üç ya da daha fazla yazılım müşterisi arasında yapılmaktadır. Kişiler, bankalar gibi aracılara ihtiyaç duymadan işlemleri kendi aralarında gerçekleştirebilmektedir.
- *Sınırsız işlem imkânı sunması:* Her bir cüzdan sahibi herhangi birine ya da bir yere, istediği miktarda ödeme yapabilmektedir. Yapılan ödeme işlemi kontrol edilememekte ve engellenememektedir. Bu durum cüzdan sahibi kullanıcılarının bulunduğu herhangi bir ortama transfer imkânı sağlamaktadır.
- *Sistemin bütünlüğü:* Kripto para sisteminde yapılan ödemelerin iptali mümkün olmamaktadır. Sistemdeki paralar, taklit edilemezler, sahte olamazlar ve iki kez harcanamazlar. Bu durum sistemin bütünlüğünü garanti etmektedir.

- *Düşük işlem maliyeti:* Herhangi bir aracı kuruma ihtiyaç duyulmadığından yapılan işlemler için komisyon ödenmemektedir. Bu durum yapılan işlemlerin düşük bir maliyetle yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- *Âdem-i merkeziyetçilik:* kripto para ağında merkezi kontrol otoritesi bulunmamaktadır. Ağ üzerinde yapılan bütün işlemlerin bilgileri katılımcılara dağıtılmaktadır. Bu durum merkezi otoritenin kripto para sahiplerine hiçbir kural koyma yetkisinin bulunmadığı anlamına gelmektedir. Aynı zamanda ağın bir bölümü çevrimdışı olsa dahi, ödeme sistemi sorunsuz çalışmaya devam etmektedir.
- *Kullanımın kolay olması:* Bankacılık sisteminde uygulanan prosedürlere (hesap açma ve evrak işlemleri gibi) gerek duyulmadan, bir kripto para cüzdanı oluşturularak işlemler her zaman ve her yerden yapılabilir.
- *Hızlı işlem:* İşlem hızı oldukça yüksektir. Örnek olarak, herhangi bir şirketin kripto para cüzdanı oluşturmak için 5 dakika gibi kısa bir süreye ihtiyacı vardır ve hiçbir soru ya da aracı olmadan hemen kullanılabilir.
- *Anonim olması:* Herhangi bir bilgiye (şirket, isim, adres gibi) ihtiyaç duyulmadan sonsuz sayıda kripto para adresi oluşturulabilir. İşlem bilgileri gizli tutulabilmektedir.
- *Şeffaf olması:* Kripto paraların en önemli avantajlarından biri şeffaf olmasıdır. Blockchain teknolojisi sayesinde, sistemde gerçekleşen bütün işlemlerin bilgisi tutulmaktadır. Bu bilgilerin erişimine izin verildiğinde herkes tarafından görülebilirken, kamuya açılmadığı durumda hiçbir katılımcı tarafından görülemez.
- *Sahibine ait olması:* Kripto para cüzdan hesabının sorumluluğu sadece sahibine aittir. Sahibinden başka kimse hesaptan para çekememektedir.
- *Kişiler bilgilerin korunması:* Sistem kullanıcıların kişisel bilgileri gizli tutulmakta ve korunmaktadır.
- *Dolandırıcılık riskinin düşük olması:* Kişiler bilgilerin açıklanmaması ve yapılan işlemlerin kontrol ediliyor olması dolandırıcılık yapılma riskini neredeyse ortadan kaldırmaktadır.
- *Borç niteliği taşımaması:* Banka hesaplarındaki paralar, bankaların müşterilerine olan borçları olarak nitelendirilir. Ancak kripto paralar bir değer taşımaktadır ve borç olarak nitelendirilemezler.

Birçok ülke (özellikle nakitten kurtulmayı amaçlayanlar) kripto paralar hakkında oldukça iyimser bir yaklaşım içerisindedir ve kripto paraları bir para birimi olarak kabul etmeye başlamıştır.

### 3.2.2. Dezavantajları

Kripto paraların talep görmesini ve önemli olmasını sağlayan bazı avantajları olduğu gibi, bazı ülkelerde yasaklanmasına ve şüphe duyulmasına sebep olan bazı dezavantajlara da sahiptir. Kripto paraların bazı dezavantajları aşağıda verilmiştir (Turgut ve Uçan, 2021; Bunjaku vd, 2017; Kaplanhan, 2018):

- *Güvenlik sorunu:* Çok yeni bir teknoloji olduğundan tahmin edilemeyen yazılım hataları, siber saldırılara zemin hazırlamakta ve bu hatalar tespit edildiğinde önemli ekonomik kayıplar oluşmaktadır.
- *Kullanım alanının sınırlı olması:* Kripto paralar, sınırlı kullanım alanına sahiptirler. Bundan dolayı, kripto paralara genellikle yatırım aracı olarak yaklaşılmaktadır.
- *Yasadışı kullanım riski:* Herhangi bir merkezi otorite tarafından kontrol edilmediği için kara para aklama, uyuşturucu ticareti gibi yasadışı yapılan faaliyetlerde kullanım riski oldukça fazladır.
- *Fiziksel bir karşılığının bulunmaması:* Kripto paralar tümüyle sanal varlıklar oldukları için internet veya elektrik kesintisi gibi durumlarda kullanılmaz.
- *Yüksek volatilite oranları:* Yasal bir zemini bulunmayan kripto paralar, düzenlenmiş bir borsası olmadığından dolayı alış-satış fiyatlarında sürekli inişler ve çıkışlar gözlenmektedir. Bu durum kripto paraların para olarak değerlendirilmesindeki en büyük engeldir.
- *Yüksek elektrik tüketimi:* Merkezi bir veri tabanı olmadığından ağ, milyonlarca farklı konumda etkin olarak çalışmaktadır. Bu da çok ciddi elektrik ve işlemci gücü gerektirmektedir.
- *Depolama sorunu:* Blockchain teknolojisinde kayıt defterinin boyutu zaman içerisinde artmaktadır. Bu durum düşük depolama kapasitesi olan cihazlar için gelecek zamanda sorun oluşturabilmektedir.
- Ayrıca resmi bir tüzel kişinin bulunmaması sistemi garantisi olmadığı anlamına gelmektedir.

Kripto paraların yukarıda açıklanan ve açıklanmayan birçok dezavantajı bulunmasına rağmen, literatürde önemli bir teknolojik yenilik olduğu, geleceğinin parlak olduğu ve sahip olduğu avantajların, dezavantajlarının etkisini azaltacağına yönelik görüşler ön plana çıkmaktadır.

### 3.3. Kripto Paraların Ortaya Çıkışı

Kripto para kavramı, ilk kripto para birimi olan Bitcoin ile duyulmuş olsa da teknik temelleri 1980'lere kadar dayanmaktadır. Bitcoin oluşturulmadan önce kripto para konusunda fikirler veya sistemler üretilmiştir. Örneğin, David Chaum ve Stefan Brands, e-cash protokollerini geliştirmiş ve DigiCash şirketini kurmuşlardır. Adam Back, istenmeyen e-postalar için iş ispatına dayanan HashCash'i geliştirmiştir. Önerilen ilk dağıtılmış sayısal tabanlı kripto paralar ise Nick Szabo'nun Bitgold ve Wei Da'nın b-money olarak adlandırılan paralarıdır (Nebil, 2018).

Kripto paralar (bitcoin ve altcoinler)'in oluşumundaki en önemli gelişmeler aşağıda ifade edilmektedir:

- 1983: Amerikalı bilgisayar programcısı ve kriptograf David chaum, 1983 yılında yayınladığı “Takip Edilemeyen Ödemeler İçin Kör İmzalar (Blind Signatures For Untraceable Payments)” adlı makalesinde elektronik paralar için bir temel oluşturmuştur. (Chaum,1983)
- 1989:David Chaum, DigiCash adı verdiği Amsterdam merkezli bir elektronik para şirketi kurmuştur. Bu şirket yapılan işlemlerin anonim olması bakımından ve geliştirilmiş şifreleme protokolleri nedeniyle eşsizdi. Ancak DigiCash, ayakta kalmasını sağlayacak anlaşmalar yapamadığından dolayı 1998 yılında iflas etmiştir.
- 1991: Phil Zimmermann, Pretty Good Privacy (PGP-Oldukça İyi Şifreleme) olarak adlandırılan bir yazılım programı geliştirmiştir. Bu program, veriyi şifrelemesini, şifreli olan veriyi deşifre edilmesini ve alınan veya gönderilen verilerin gizliliğinin korumasını sağlamaktadır.
- 1991: Stuart Haber ve W. Scott Stornetta tarafından Blockchain teknolojisi ile şifreleme ilk kez yapılmıştır.
- 1992: Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından yazılan “Pricing via Processing or Combatting Junk Mail (Önemsiz Posta İşleme veya Önemsiz Posta ile Mücadele)” isimli makalede Proof of Work (PoW-iş ispatı) ortaya atılmıştır. PoW, istenmeyen

e-posta mesajlarının engellenmesi ve bir sistemin işleyişini aksatmak amacıyla yapılan saldırılara karşı ortaya çıkarılmıştır ve kripto para sisteminin önemli taşlarından biridir.

- 1995: David Chaum, şifreleme ile gerçekleştirilen ve güvenli ödeme imkânı sağlayan çevrimiçi elektronik para olan eCash protokollerini DigiCash şirketi üzerinden gerçekleştirdi.
- 1997: Adam Back, “iş ispatı” temeline dayanan HashCash olarak adlandırdığı “kısmı Hash çarpışmasına dayanan posta şeması” tanımlamıştır.
- 1998: Kriptograf ve bilgisayar mühendisi Wei Dai 1998 yılında yayınladığı kısa makalesinde, gönderici ve alıcıların sadece dijital simgelerle tanınabileceği ve merkezi otoriteden bağımsız bir ağda çalışacağını savunduğu B-money adlı şifreli parayı açıklamıştır.
- 1998: Nick Szabo, Bitcoin’in doğrudan haberci olarak bilinen BitGold adlı dijital paranın mekanizmasını tasarlamıştır.
- 1999: Shawn Fanning, Napster adı verdiği ilk eşler arası (P2P-Peer to Peer) dosya paylaşım platformunu oluşturmuştur.
- 2004: Hal Finney, Reusable Pretty Good Privacy (RPOW) algoritmasını geliştirmiştir.
- 2005: Nick Szabo tarafından ilk BitGold üretilmiştir.

1990’lı yıllarda çıkarılan kripto paralar (BitCash, BitGold gibi) başarısızlığı uğradıktan sonra, Satoshi Nakamoto “iş ispatı” mekanizmasını ve Blockchain teknolojisini kullanarak ilk merkezi otoriteye bağlı olmayan kripto para birimi Bitcoin’i ortaya çıkarmıştır. Bitcoin’in ortaya çıkışı ve bununla birlikte yaşanan gelişmelere ilerdeki bölümde yer verilecektir.

### **3.4. Kripto Para Türleri**

Günden güne popülerliği artan kripto para türleri sayısı, bulunduğumuz tarih itibarıyla 20.000 aşmıştır. Uygulamada kullanılmak üzere seçilen üç farklı kripto para türü Bitcoin, Ethereum ve Litecoin açıklanmaktadır.

#### **3.4.1. Bitcoin (BTC)**

Bitcoin (BTC), Blockchain (Blokzinciri) olarak bilinen açık bir dijital defter teknolojisi üzerine kurulmuş ve şifreleme ile güvenli işlem yapılmasını sağlayan

kripto para birimlerinin ilki ve en yaygın kullanılanıdır. Bitcoin'in ortaya çıkışı kimliği belli olmayan Satoshi Nakamoto takma adlı kişi veya bir grup tarafından "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Nakit Sistemi)" adlı makaleyi 2008 yılında yayınlaması ile olmuştur (Nakamoto, 2008). Bu makalenin yayınlanmasının ardından ilk Bitcoin 2009 yılında piyasaya sürülmüştür. Bitcoin'de, herhangi bir merkezi kuruluşa ihtiyaç duymadan "Peer to Peer (Eşler Arası, P2P)" diye bilinen veri paylaşımı ile kişiden kişiye doğrudan transfer yapılmaktadır. Hiçbir aracıya ihtiyaç duymayan bu kripto para biriminde transfer işlemi yapılırken, gönderilen kaynağın ve alıcının saptanması çok zor olmaktadır. Bu nedenle güvenlik önlemlerinin yeterli olması halinde hesap tümüyle kişinin kontrolünde olmaktadır.

Bitcoin'i kullanmak için, kullanıcılar "Blockchain" adı verilen halka açık dijital deftere doğrulama yapmak amacıyla hesap numaralarını "genel anahtar" ve şifrelerini "özel anahtar" göndermektedir. Kişiler (madenciler), yapılan işlemlerin gerçekliğini doğrulamak için bilgi işlem güçlerini kullanarak hesaplama bakımından karmaşık bir sorunu çözmektedirler. İşlemleri doğrulama karşılığında sorunun çözümü belli bir değerde Bitcoin ile ödüllendirilmektedir. Bu, Bitcoin stokuna eklenir ve böylece para yaratılmış olmaktadır. Daha önce programlanmış olan algoritma, işlemlerin doğrulamasında yapılan hesapların zorluğunu ortadan kaldırmakta ve her işlemin doğrulama süresinin on dakika olmasını sağlamaktadır (Lo ve Wang, 2014). Bitcoin ile gerçekleştirilen ilk ticaret pizza alımı yapılarak olmuş ve bu işlem için yaklaşık 10.000 BTC ödeme yapılmıştır. Ayrıca yapılan ilk transfer işlemi, Nakamoto 170 BTC göndererek yapmıştır. Bitcoin'in en küçük para birimi olarak "Satoshi" adlandırılır ve 1 BTC, 100 milyon Satoshi değerindedir.

Bitcoin'e ait önemli özellikler genel olarak (Sakız ve Gencer, 2017):

- Herhangi bir kişi veya hükümet tarafından yönetilmeyen bağımsız bir para birimidir.
- Kendinden gelen bir değer ve bu değere karşı bir teminatı bulunmamaktadır.
- Yapılan transfer işlemlerinin hiçbir masrafı yoktur ve işlemler çok hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir.
- Ağda yapılan bütün işlemler herkes tarafından görülmekte ve incelenebilmektedir.
- Ağda yapılan işlemler iptal edilememekte ve değiştirilememektedir.

- Hesap açmak çok basittir ve herkes hesap açabilmektedir.
- Kullanıcılara her türlü işlemde anonimlik sağlamaktadır.

### **3.4.2. Ethereum (ETH)**

Ethereum, Vitalik Buterin tarafından 2014 yılında tanıtılmış ve 2015 yılında piyasaya sürülmüştür (Tikhomirov vd., 2018). Ethereum, herhangi bir merkezi olmayan ve akıllı sözleşmelerle yürütülen Blockchain tabanlı bir yazılım platformudur (İnci ve Alper, 2018) Buterin'in kripto petrol olarak nitelendirdiği ve Ethereum platformu tarafından üretilen kripto para birimi ise Ether olarak adlandırılmaktadır. Ether, bir altcoin olarak görülmesine karşın diğer altcoinlere göre daha fazla yeniliğe sahiptir ve Bitcoin'den sonra en güçlü ikinci kripto para birimidir. Blockchain üzerinde işlem gören Ethereum, Ethash olarak adlandırılan algoritmayı kullanmaktadır ve Bitcoin'e nazaran blok süresi hızını arttırmayı hedeflemektedir.

Ethereum, kamuya açık ve zincir modellemesiyle hesap yapan, açık kaynaklı protokol veya daha doğru ifadeyle işletim sistemidir. Ether ise bu platform tarafından üretilen kripto para birimine verilen addır.

Ethereum platformunda her bir hesap 20 bayt (byte)'lık bir adrese sahip olmaktadır ve bir hesap dört alandan oluşmaktadır. Bu alanlar sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Her işlemin bir kez gerçekleşmesini sağlamak için bir sayaç,
- Hesapta bulunan Ether bakiyesi,
- Hesabın sözleşme kodu,
- Hesabın depolanmasıdır.

Kripto para piyasasında Bitcoin'den sonra ikinci güçlü piyasa değerine sahip olan Ethereum,

Bitcoin'de olduğu gibi Blockchain teknolojisi tabanlı ve merkeziyetsiz bir yapıdadır. Fakat Bitcoin ile Ethereum arasında önemli farklı özellikler bulunmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Yavuz, 2019):

- Her bloğun oluşturulma süresi Bitcoin'de 10 dakikadır. Bu süre Ethereum'da 15 saniye gibi kısa bir süredir.
- Bitcoin'den farklı olarak Ethereum, Ethash olarak adlandırılan bir doğrulama algoritması kullanmaktadır.

- Ethereum'un Bitcoin'den bir diğer farklı özelliği Ethereum madenciliği yapılırken GPU olarak bilinen ekran kartlarının işlem gücü kullanılmasıdır.
- Bitcoin madenciliği faaliyetlerinde üretilecek en üst sınır belirlenmekte ve yapılan madencilik faaliyetleri dört yılda bir kesintiye uğratılmaktadır. Ethereummadenciliğinde ise yıllık üretim sınırı 18 milyon adet olup toplam üretim için üst sınır yoktur.
- Ethereum'un Bitcoin'den farklı olan en önemli özelliği akıllı sözleşmeler (smart contracts) protokolünü kullanmasıdır.

Akıllı sözleşme kavramı, iki taraf arasında “kendi kendini ifa etme (Self-Executing)” özelliği bulunan, iki taraftan birinin sözleşmeden doğan hakkını alabilmesi için diğer tarafa güvenmek zorunda kalmadığı yani muhtaç olmadığı anlamına gelmektedir. Akıllı sözleşmeler (Smart Contracts) kavramı, hukuk profesörü Nick Szabo tarafından yapılan çalışmalar sonucunda 1994 yılında ortaya çıkmış ve günümüze kadar gelişerek şimdiki halini almıştır (Tevetoğlu, 2021).

Akıllı sözleşmeler, hiçbir aracıya gerek duyulmadan gayrimenkul, para veya alışverişe konu olan her çeşit değerini değişimini sağlayan bir bilgisayar protokolü olarak açıklanmaktadır. Akıllı sözleşmelerde yapılan her işlem bilgisayar koduna dönüştürülüp depolanır ve Blockchain ağındaki kullanıcılar tarafından bu işlemler kontrol edilir. Ek olarak akıllı sözleşmeler hizmet ya da ürün alım satımları ve para transferi gibi muhasebe geri bildirimlerini de sağlamaktadır.

Akıllı sözleşmelerin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Üstün, 2021):

- Sözleşmeye kesinlik sağlamaktadır.
- Taraflara özerklik alanı oluşturmaktadır.
- İşlemlerin daha düşük maliyetle ve daha hızlı gerçekleştirilmesine imkân tanımaktadır.
- Gelişmiş bir güvenlik ve gizlilik sağlamaktadır.

### **3.4.3. Litecoin (LTC)**

2011 yılında eski bir Google çalışanı olan Charlie Lee tarafından kurulmuştur. Litecoin, kripto paralar içerisinde Bitcoin'in önde gelen rakipleri arasında gösterilmektedir. Altın olarak nitelendirilen Bitcoin'e karşı, kurucusu Charles Lee Litecoin'i gümüş olarak nitelendirmiş ve Bitcoin'in rakibi değil tamamlayıcısı

olduğunu ifade etmiştir. Fakat Litecoin zamanla tahminlerin aksine çok büyük başarı sergilemiş ve kripto paralar içinde ilk sıralardaki konumunu korumayı başarmıştır (Sayın ve Mercan, 2018; Yumuşaker, 2019).

Litecoin, diğer kripto paralar gibi merkezi otoriteye bağlı olmayan, kriptografi bilimiyle şifrelenen ve “eşler arası (P2P-Peer to Peer)” işlem gören açık kaynak kodlu bir kripto para türüdür. Litecoin her ne kadar ilk kripto para birimi olan Bitcoin’den yola çıkılarak geliştirilmiş olsa da aralarında birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yumuşaker, 2019; Turgut ve Uçan, 2021):

- Litecoin, Bitcoin’in kullandığı SHA-265 algoritması yerine Scrypt algoritmasını kullanmaktadır.
- En önemli farklılık ise, arz edilecek toplam miktar sınırı Bitcoin’de 21 milyon iken, litecoin’de 84 milyon olarak belirlenmiştir. Bu durum, Litecoin için toplam arz miktarının Bitcoin’den dört kat fazla olduğunu göstermektedir.
- Bitcoin’de her işlem için 10 dakika gerekirken, Litecoin’de 2,5 dakika gibi kısa bir sürede işlem gerçekleşir. İşlem onay hızı, Litecoin’in ortaya çıkma amaçlarından en önemlisidir.
- Ayrıca Litecoin, Blockchain ağına blok ekleyen madencilere 25 Litecoin ödül vermektedir.
- Litecoin, açık kaynak kodlu yazılımının dağıtılmasına ve kopyalanmasına izin veren MIT/X11 lisansı bulunmaktadır.

#### **4. GRİ SİSTEM TEORİSİ**

Sistem araştırması faaliyetlerinde, sistemin karmaşıklığı ve temel zihin aktivitelerimizin sınırlı olmasından dolayı, insanların ulaştığı bilgiler daima belirsiz ve genel çerçevesi dardır. Sosyal toplumun gelişmesi, bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle sistem biliminde çeşitli alanlar ortaya çıkmaktadır. Günümüze kadar; sistem teorisi, bulanık matematik, sibernetikler, dağıtık yapılar, kaos teorisi, bilgi teorisi, ayrılma teorisi, dinamik sistemler ve benzeri birçok sistem teorileri geliştirilmiştir (Liu ve Lin, 2010). Bu teorilerin yardımıyla belirsiz sistemlerle başa çıkmak için bir temel oluşturulmuş ve çözülemeyen karmaşık problemler başarıyla çözülebilir hale getirilmiştir.

Gri sistemler, yapının mesajı, çalışma mekanizması ve sistemin davranışı ile ilgili bilgi eksikliği olan sistemlere denilmektedir. Örnek olarak, tarım, ekonomi, insan vücudu vb. sistemler, gri sistemlerdir (Deng, 1989). GST yaklaşık 30 yıldır yapılan çalışmalar süresince, nitel ve nicel sistem analizi için oldukça kabul gören bir araç olmuştur.

GST 1982 yılında Çinli bilim insanı Julong Deng tarafından ortaya konulmuştur (Deng, 1982). Bu teörinin ortaya çıkmasının başlıca nedeni, bulanık veya stokastik yöntemlerle çözülemeyen belirsiz sistemlerin tepkilerini, zayıf bilgi ve küçük örneklem ile tahmin etmek olmuştur (Liu ve Lin, 2006).

Profesör Julong Deng tarafından kaleme alınan “Control Problems of Grey Systems” (Gri Sistemlerin Kontrol Problemleri) isimli araştırma makalesi, North - Holland’da uluslararası bir dergi olan Systems & Control Letters’da 1982 yılında yayınlanmıştır (Deng, 1982). GST adından ilk defa bu makalede bahsedilmiş ve sonrasında bu teori, birçok başarılı bilim insanının yaptıkları çalışmalarla ilerletilmiştir.

##### **4.1. Temel Kavramlar**

Çoğu sistem (ekonomik, endüstriyel, sosyal, ekolojik vb.) sahip olduğu alanların özelliklerine ve araştırma konularına göre isimlendirilirken gri sistemlerin ismi bilinen bilgi miktarının rengine göre seçilmiştir. Kontrol teorisinde bilim insanları, renkleri kullanarak sahip olunan mevcut bilgilerin netliğini tanımlamışlardır. (Liu ve Lin, 2006). Profesör Julong Deng 1982’de, yayınladığı ilk makalesinde “Kara kutu kavramına göre bilinen ve bilinmeyenleri içeren sisteme gri sistem denir.” İfadesini

kullanmıştır. Bahsedilen kara kutu kavramı içyapısı bütünüyle bilinmeyen bir sistemi ifade eder. Sistemin içsel yapısı tamamen biliniyorsa “beyaz sistem”, kısmen bilinip kısmen bilinmiyorsa yani eksik bilgi varsa “gri sistem”, tamamen bilinmeyenler ise “siyah sistem” olarak isimlendirilmiştir (Liu, 2004).

|                 | <b>Beyaz Sistem</b> | <b>Gri Sistem</b> | <b>Siyah Sistem</b> |
|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| <b>Bilgi</b>    | Biliniyor           | Eksik             | Bilinmiyor          |
| <b>Görünüm</b>  | Açık                | Bulanık (gri)     | Koyu                |
| <b>Süreç</b>    | Eski                | Değişiyor         | Yeni                |
| <b>Özellik</b>  | Düzen               | Karmaşık          | Kaos                |
| <b>Yöntem</b>   | Olumlu              | Değişiyor         | Olumsuz             |
| <b>Davranış</b> | Net                 | Tolerans          | Hoşgörü             |
| <b>Sonuç</b>    | Benzersiz çözüm     | Çoklu çözüm       | Çözüm yok           |

Tablo 4.1. Sistem Karşılaştırmaları

Siyah ve beyaz sistemlerde bilgi ya yoktur ya da vardır. Gri sistemde ise eksik bilgi temel anlamdır (Bayramoğlu, 2013).

Bir sistemde eksik bilgi durumundan bahsedilmesi için aşağıdaki durumlardan birinin oluşması gerekir (Liu ve Lin, 2010).

- Sistem içindeki parametreler ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- Sistemin yapısı ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- Sistemin sınırları ile ilgili bilgilerde eksiklik olması,
- Sistem içindeki hareketlerin davranışları ile ilgili bilgilerde eksiklik olması (Liu ve Lin, 2006).

Yukarıdaki bu durumlar, sistem hakkındaki bilginin yokluğuna değil, bilginin eksikliğini belirtmektedir. Bu nedenle, bir sistem, eksik bilgi durumunda, beyaz sistem olmaktan çıkmaktadır ve siyah sistemlere yaklaşmaktadır. Fakat sistem hakkında birtakım bilgilere sahip olunmasından dolayı tam olarak bir siyah sistem olmamaktadır. Dolayısıyla, sistemin parametrelerine, yapısına ve davranışına ilişkin bilgi eksiklikleri olması bu sistemin gri yapıda olduğunu göstermektedir (Bayramoğlu, 2013).

İçinde bulunduğumuz dünyada birçok sisteme ilişkin kısmen bilgi edinebilmekteyizdir. Bundan dolayı, yaşamımızdaki sistemlerin birçoğu aslında gri sistemlerdir. Örnek olarak, bir esnaf, satacağı malın özelliğinin tüm bilgisine sahip olabilmektedir ve kalitesini net bir biçimde analiz edebilmektedir. Bu durumda

satılacak malın kalitesi beyaz bir sistem olmaktadır. Fakat bu malın maliyeti, talebi ve elde edilecek yıllık gelir ve benzeri durumlar net bir şekilde bilinemeyeceğinden bu durumların her biri gri sistem olarak ifade edilmektedir. (Bayramoğlu, 2013).

Bir sistemde eksik bilginin olması gri özelliğe sahip olduğunu ifade etmektedir. Ancak griliğin anlamı farklı açılardan ve farklı şartlarda tablodaki gibi çoğaltılabilir (Liu vd, 2016).

## **4.2. Temel İlkeler**

Gri sistem teorisinin temelleri atılırken ve bunu takip eden geliştirme sürecinde, Julong Deng ve birçok bilim insanı tarafından aşağıda açıklanan altı önemli ilke oluşturulmuştur (Liu ve Lin, 2010).

### **4.2.1. Bilgisel Farklılıkların İlkesi**

Farklılık kelimesi bilginin varlığını ifade etmektedir. Her bilgi tanesi, bir çeşit farklılık barındırmaktadır. Örnek olarak; A objesinin B ojesinden farklı olduğu söylendiğinde, A objesine ilişkin özel bir bilginin, B objesi için doğru olmadığı kastedilmiştir. Doğal objeler ve olaylar arasındaki bütün farklılıklar, bu doğal objeler ve olayların doğalarını anlamak için temel bilgiler sağlamıştır. Herhangi bir bilgi tanesi, karmaşık bir konu hakkındaki düşüncelyi veya izlenimi değiştirmişse, bu bilgi tanesi başlangıçta karmaşık konuyla ilgili anlaşılardan kesinlikle farklı olmaktadır.

Bilim ve teknolojide yapılan büyük hamleler, içinde bulunduğumuz dünyanın anlaşılması ve değiştirilmesi için bilgi ve araç denilen gerekli bilgileri edinilmesine olanak sağlamıştır. Kuşkusuz bu üst düzey bilgiler, başlangıçtaki bilgilerden farklıdır. Bir bilgi tanesi ne kadar çok içerik barındırırsa, bu bilgilerin başlangıçtaki versiyonlarıyla farklılıkları o kadar bariz olmaktadır (Liu vd, 2016).

### **4.2.2. Benzersiz olmama ilkesi**

Eksik ve belirli olmayan bilgiyle herhangi bir sorunun çözümü benzersiz olmayacaktır. Gri Sistem Teorisinin uygulanma temeli benzersiz olmama ilkesidir. Bu nedenle sorunlara esneklikle bakabilme özgürlüğüne sahip olunmuştur. Esneklik sayesinde araştırmacı hedefine ulaşmada daha etkin olur.

Benzersiz olmama ilkesi, stratejik olarak gri hedef kavramı vasıtasıyla oluşturulur. Gri hedef kavramı, benzersiz olmayan hedef ile sınırlandırılmayan hedef

kavramlarının birleşiminden oluşur. Örneğin, bir lise mezunu belirli bir üniversite haricinde farklı bir üniversiteye kaydolmayı düşünmüyorsa, bir üniversite tarafından alınma şansı hayli sınırlıdır. Diğer taraftan benzer özelliklere sahip bir lise mezunu, seçtiği üniversiten farklı üniversitelere girmeye istekliyse, birden çok seçeneği olduğu için alınma ihtimali artacaktır. Dolayısıyla hedefler arttıkça, hedeflerden birinin tutma şansı yükselecektir.

Benzersiz olmama ilkesi, hâlihazırda rastgele bir bilginin desteklenebileceğinin, her hedefe ulaşılabileceğinin, daha önce yapılan her tasarımın daha sonra dönüştürülebileceğinin ve iyileştirilebileceğinin, tüm bağlantıların uyumlu duruma getirilebileceğinin, mantık kapsamında çok yönlü olabileceğinin, her anlayış biçiminin derinleştirilebileceğinin ve tüm yolların optimize edilebileceğinin kapsamlı bir gerçek olarak kavranmasıdır.

Fazla sayıda çözüm olasılığıyla yüz yüze kalındığında, belirleyici analiz ve eksik bilgilerin tamamlanması aracılığıyla bir ya da daha fazla ikna edici çözüm bulunabilir duruma gelmektedir. Bundan dolayı, çözüm bulma yöntemi “benzersiz olamama ilkesinin” temelini oluşturan, nicel analiz ile nitel analizi birleştiren bir yöntemdir. (Liu vd, 2010)

#### **4.2.3. Asgari Bilgi İlkesi**

Gri sistem teorisinin en önemli özelliği, “asgari miktarda mevcut bilgiyi” en fazla ve en iyi şekilde değerlendirmektir.

Asgari bilgi ilkesi, “az” ve “çok” kavramlarının eytişimsel bir birleşimi olarak düşünülebilir. Gri sistem teorisinin bir önemli avantajı ise az miktarda veri ve/veya zayıf bilgiyle belirsiz sorunlarla başa çıkma ve sorunları çözme becerisidir. Çalışmanın temelini, "sınırlı bilgi alanları" kavramı oluşturur.

Asgari tutarda bilgi, gri sistem teorisinin en temel alanıdır. Elde edilebilir bilgi miktarı, “gri” ve “gri olmayan” arasındaki ayrım yapmaktır. Gri sistem teorisinde kullanılan sorun çözenin temel mantığı, minimum miktardaki mevcut bilgi için yeterince keşif ve uygulama yapmaktır (Liu vd, 2016).

#### **4.2.4. Tanıma Temeli İlkesi**

İnsanların tanıdığı ve idrak ettiği doğanın kökü bilgisidir. Tanıma temeli ilkesine göre tanıma fiili bilgiye dayalı olmalıdır. Bilgiye sahip olmadan insanların bir şeyi

anlaması ve bir sorunu çözmesi olanaksızdır. Eksiksiz ve belirsizlik barındırmayan bilgilerle, doğa doğru bir şekilde tanınabilir. Ancak eksik ve belirsizlik barındıran bilgilerle, sadece belirli olguların eksik ve belirsizlik barındıran gri kavramını elde etmek olanaklıdır (Lin vd, 2004).

#### **4.2.5. Yeni Bilgi Önceliği İlkesi**

Yeni bilgi, eski bilgiye göre işlevsel olarak daha büyük ve önemlidir. Çünkü yeni bilgi, sistemde olan durumları direkt yansıtır ve gelişimin ilerideki yatkınlığını etkiler (Liu vd, 2016).

Yeni bilgi önceliği ilkesi, gri sistem teorisinde bilgi kavramının temelini oluşturur. Yeni bilgiye ilave ağırlıklar uygulanarak gri modelleme, gri analiz, gri tahmin, gri değerlendirme ve gri karar verme ile daha etkili bir sonuç elde edilebilmektedir. "Yeni, eskinin yerini aldığı" durumu, "yeni bilgi önceliği ilkesi"ni göstermektedir. Yeni bilgilerin varlığı, gri öğelerin beyazlatılma güdüsünü kuvvetlendirmektedir. "Yeni bilgi önceliği ilkesi", genellikle bilginin zamana duyarlı olduğu gerçeğini göstermektedir (Liu ve Lin, 2006).

#### **4.2.6. Mutlak Grilik İlkesi**

Bilgideki eksiklik kesindir. Bilgideki eksikliğin ve belirsizliğin genel olma durumu vardır. Bilgideki tamlık bağıl ve geçicidir. Bu durum, Orijinal belirsizliğin kaybolduğu ve yeni belirsizliğin açığa çıktığının belirtisidir. Bilginin sürekli artmasıyla, insanın nesnel dünyayı tanınması ve anlaması zamanla ilerlemiştir. Sonsuz bilgi sağlanmasıyla, insan için dünyayı tanımak ve anlamak da sonsuz olmuştur. Dolayısıyla bilgi için grilik mutlaktır ve kesinlikle kaybolmayacaktır (Liu vd 2016).

### **4.3. Belirsizlik Kavramı ve Bazı Belirsiz Sistemler ve Karşılaştırmaları**

İnsanların iç ve dış çevrelerinde bulunan birçok sistemde bilgi eksikliğinden söz edilmektedir. Bu bilgideki eksiklikler, belirsizlikleri meydana getirmektedir (Bayramoğlu, 2013).

Birçok araştırmacı tarafından geliştirilen teoriler ve yöntemler, söz konusu belirsizliklerin yapısal özelliklerini açığa vurmaya ve belirsizlikleri tanımlamayı amaçlamaktadır. Bu teoriler ve yöntemler, belirsizlik kavramına farklı tanımlamalar yapmak için farklı bakış açıları sağlamıştır (Bayramoğlu, 2013). Belirsiz sistemlerin araştırılmasında en sık uygulanan dört araştırma yöntemi: Olasılık ve istatistik, kaba

küme teorisi, bulanık matematik ve gri sistem teorisidir (Liu vd, 2011). Araştırma nesnelere herbiri farklı belirsizlikler içerse de bu dört araştırma yönteminin ortak yönü belirsizliklerden anlamlı bir sonuç elde edebilmeleridir.

Bulanık matematik, incelenen bütün araştırma nesnelere, belirsiz bir uzantı ve net bir niyete sahip olduğu bir yöntemdir. Örnek olarak, "genç adam" kavramı içerisinde belirsizlik barındıran bir kavramdır. Çünkü her insan "genç adam" olmaya ait durumu bilir. Bunun yanında, bir adamın genç olduğu ve onun dışındaki bir adamın genç olmadığı bir yaş aralığını belirlemek zor olmaktadır. "Genç adam" kavramının net bir uzantısını olmamasından dolayı bu kavrama net bir tanım getirmek oldukça zorlaşmaktadır. Belirsiz uzantı ve belirli bir duruma sahip bunun gibi belirsiz problemler karşılaştığında kullanılacak teori, bulanık matematik olmaktadır. Deneyimlere dayandırılarak oluşturulan üyelik fonksiyonları Bulanık matematiğin ana fikrini oluşturmaktadır (Liu vd, 2016).

Olasılık ve istatistik, uğraşılan belirsiz bir durumun her olası sonucunun meydana gelme şansını incelemektedir. Örneğin, meteoroloji müdürlüğü yapmış olduğu açıklamada, Ankara'da yarın için %60 olasılıkla yağmur yağabileceğini söylemektedir. Yarın Ankara'da yağmur yağmaması durumu olursa, yanlış beyanda bulunulduğu söylenememektedir. Çünkü yapılmış olan açıklamada yağmur yağışı ihtimalinden söz edilmektedir. Fakat yağmur yağması konusunda kesin bir şeyden bahsedilmemektedir. Yağmur yağışı durumu %100 olarak açıklansaydı bile ve yine de yağış olmasaydı, yağmur yağışı konusundan bir ihtimalden söz edilmiş olduğundan yapılmış beyan doğru kabul edilmektedir. Çünkü meteoroloji müdürlüğü yağış olma şansından söz etmektedir ve bu şansın %100 olduğunu söylemektedir. Dolayısıyla, şans içinde belirsizlik barındıran bir kavramdır (Bayramoğlu, 2013).

Kaba küme teorisi, bir kümenin tanımlanabilmesi için ilk başta elemanlara ilişkin birtakım bilgilere ihtiyaç duyulduğunu varsayan bir teoridir. Kaba küme teorisinin temelini, ayırt edilememe ilişkisi oluşturmaktadır. Nesnelere aynı bilgiler ile açıklanmaktaysa ayırt edilememektedir (Aydoğan, Gencer, 2007). Belirsiz sistemleri, kesinlik içermeyen matematiksel yöntem ile incelemektedir. Kaba küme teorisinin amacı, Bilinen bilgileri kullanarak belirsiz bilgileri tanımlamaktır. Bu teoriyi ortaya atan Z. Pawlak (1982), sınırlarının olduğu kabul edilmeyen her birimi sisteme dahiletmiştir. Bu sınırları, alt yaklaşık küme ile üst yaklaşık küme arasındaki fark

kümesi olarak tanımlamaktadır. Alt yaklaşık küme ile üst yaklaşık küme birbirine yaklaştırılmaktadır ve sınır böyle tanımlanmaktadır (Liu vd, 2016).

Gri sistem teorisinin odağı ise, bulanık matematik olasılık ve istatistik veya kaba küme teorisi ile üstesinden gelinemeyen belirsiz problemleri, küçük örneklem ve eksik bilgi ile çözebilmektir. Seri operatörleri ve bilgi kapsamı çalışmalarıyla materyallerin ve olayların gerçekçi hareket yasalarını araştırmaktadır (Liu vd, 2016). GST'nin ayrıcalıklarından biri, az miktarda veri ile modeller kurmaktır. GST'yi Bulanık matematikten açıkça farklı kılan özellik, net bir uzantı ve belirsizlik içeren bir niyete sahip olan nesnelere araştırılmasının altını çizmesidir.

Söz edilen belirsizlik yöntemlerinin karşılaştırılması aşağıdaki Tablo 4.2'de gösterilmektedir.

|                         | <b>Gri Sistem Teorisi</b> | <b>Olasılık ve İstatistik</b> | <b>Bulanık Matematik</b> | <b>Kaba Küme Teorisi</b> |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Çalışma Alanı</b>    | Yetersiz bilgi            | İstatistiksel belirsizlik     | Kavramsal belirsizlik    | Ayırt edilememe          |
| <b>Temel Küme</b>       | Gri sayı kümesi           | Kantor küme                   | Bulanık küme             | Yaklaşık küme            |
| <b>Yöntem</b>           | Bilgi kapsamı             | Yoğunluk fonksiyonu           | Üyelik fonksiyonu        | Bölmek                   |
| <b>Süreç</b>            | Gri seriler oluşturma     | Sıklık dağılımı               | Marjinal örneklem        | Alt ve üst yaklaşık      |
| <b>Veri Gereksinimi</b> | Herhangi bir dağılım      | Bilinen dağılım               | Tecrübe                  | Eşdeğer ilişkiler        |
| <b>Önem</b>             | Kapsam                    | Kapsam                        | Uzantı                   | Kapsam                   |
| <b>Amaç</b>             | Gerçekçi kanunlar         | İstatistiksel kanunlar        | Kavramsal ifade          | Kavram yaklaşımı         |
| <b>Özellik</b>          | Küçük örneklem            | Büyük örneklem                | Tecrübe                  | Bilgi formu              |

Tablo 4.2. Belirsizlik Yöntemlerinin Karşılaştırılması

GST, kaba küme teorisi ve bulanık matematik en çok kullanılan belirsiz sistemlerdir. Bu belirsiz sistemler üzerine yapılan araştırmalar aşağıdaki gibi üç madde şeklinde sınıflandırılabilir:

- Belirsiz sistemlerin matematiksel temeli
- Belirsiz sistemlerin modellenmesi
- Belirsiz sistemlerin doğa ve sosyal bilimlerde oldukça geniş uygulama alanı.

Belirsiz sistem teorilerinin arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların araştırılmasına yeterli önem verilmemiştir ve Geleneksel yöntemlerin ve belirsiz sistem

yöntemlerinin birlikte kullanılması için yeterince çalışma yapılmamıştır. Bu durum belirsiz sistemlerin gelişmesini zorlaştırmıştır.

#### 4.4. Gri Sistemler Teorisinin Disiplinler Arası Araştırmalardaki Konumu

Sosyal bilimler ve doğa bilimleri arasındaki boşluğu doldurmak gri sistem teorisinin amacıdır. Bundan dolayı, GST'nin birçok uzmanlık alanıyla kesiştiğini ve disiplinler arası bir teori olduğunu söylenebilmektedir (Deng, 1989).

Her insanın bir nesneye (nesne ne olursa olsun) bakış açıları farklıdır. Bundan dolayı, ele alınan her konu sistemini bölmek için farklı yollar bulabilmekteyiz.

Gri sistemler için, öncelikle bilimsel problemler, belirsizlik ve karmaşıklığa göre sınıflandırılmıştır. Sonrasında, gri sistem teorisinin diğer disiplinler arasındaki konumu net bir şekilde anlaşılabilir diye, bilimsel problemleri özelliklerine göre metodolojik anlamlarla diğer disiplinlere işaret edilmiştir.

X, V, Y ve Z harfleri sırasıyla, basit konular, karmaşık konular, belirli konular ve belirsiz konuları temsil etmek için kullanılmaktadır. Bilimsel problemlerin sınıflandırılması ve çeşitli çözümler yöntemleri etiketlendiğinde diğer disiplinler arası bilimler için Tablo 4.3'de ki gibidir.

| Alan              | Problem                           | Disiplinler Arası Bilim                   |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| $\bar{Y}V\bar{Z}$ | Yarı belirli-karmaşık problemler  | Kendi Kendine Organizasyon Teorisi        |
| $\bar{X}Y\bar{V}$ | Belirli yarı-karmaşık problemler  | Yöneylem Araştırması                      |
| $\bar{Y}X\bar{Z}$ | Yarı-belirli basit problemler     | Mantık Teorisi ve Sezgi teorisi           |
| $\bar{V}Z\bar{X}$ | Belirsiz yarı-karmaşık problemler | Gri Sistem Teorisi                        |
| $YV$              | Belirli karmaşık problemler       | Genel Sistem Teorisi                      |
| $VZ$              | Belirsiz karmaşık problemler      | Doğrusal Olmayan Bilim                    |
| $XZ$              | Belirsiz basit problemler         | Olasılık, İstatistik ve Bulanık Matematik |
| $XY$              | Belirli basit problemler          | Matematik                                 |

Tablo 4.3. Disiplinler Arasında Gri Sistem Teorisinin Yeri

#### 4.5. Uygulama Alanları

Gri sistem teorisinin amacı, gizli ve karmaşık sistemlerin analiz edilebilmesi ve çözüm sağlanması için, teoriler, kavramlar, teknikler, fikirler oluşturmaktır. Örnek olarak (Deng,1989; Bayramoğlu, 2013);

- Zaman serileri tahminlerinde, geçmiş değerlerle oluşturulan fonksiyona bağımlı modellerin yerine fonksiyondan bağımsız modeller oluşturmaktır. Gri matrisler vb.
- Stokastik süreçlerin yerini alan gri süreçleri oluşturmak, tanımlamak ve ele almak için istatistiksel modellerin yerine az veriyle modelleme yapan gerçek zamanlı yöntemler bulmaktır ve fazla veri aramakla uğraşmaktan kaçınmak için bir yaklaşıma ulaşmaktır. Dizi operatörleri.
- Düzensiz orijinal verileri kullanarak model oluşturmak yerine Modelden fayda sağlamak için gri üretim yöntemi ile elde edilen düzenli verileri kullanarak model oluşturmaktır. Gri insidans uzayları.
- Çok sayıda veri yerine, en az dört veri kullanılarak modelleme olanağı sağlayan gri model (GM) kullanılarak bir diferansiyel model oluşturmaktır.
- Gri süreci ele almak için, zaman seriler ve gerileyen yöntemler yerine bir gri tahmin ailesi geliştirmektir.
- Karar verme amacıyla yenilikçi teknikler ve fikirler geliştirmektir. Buna gri karar verme denilmektedir.
- Klasik kontrol yerine daha sonra kontrol, ilişkisel kontrol, üretim kontrolü ve programa kontrolü olarak da adlandırılan gri tahmin kontrolü gibi kontrol yöntemleri geliştirmektir.
- Gri kaos teorisi ve gri yapı teorisinin de içinde bulunduğu mekanizma teorisini incelemektir.
- Beyazlatma fonksiyonlarını ve alanlarını araştırmaktır.
- Geleneksel matematik yerine gri sayılar ve gri elemanlardan oluşan ve gri ilişkiler içeren gri matematik olarak adlandırılan matematiğe ait kavramlar esas alınmaktadır.

GST, eksik verinin olduğu belirsizlik durumlarında doğrusal veya doğrusal olmayan sistemlerin açıklanmasına olanak sağlamasındaki yeteneği, kapsamının oldukça geniş olduğunu göstermektedir (Bayramoğlu, 2013).Gri sistem teorisi sistemler arasındaki ilişki analizi, modelleme, tahminleme, kontrol ve karar verme gibi belirsizlik problemlerinde oldukça sık kullanılan bir yöntemdir (Köse, 2010).

GST'nin araştırma ve uygulama alanları altı temel başlık altında incelenmektedir.

- Gri üretim

- Gri ilişki
- Gri kontrol
- Gri karar verme
- Gri modelleme
- Gri tahmin

#### 4.5.1. Gri Üretim

Gri üretim, sistem ihtiyaçları için yeni bilgilerin üretilme süreci olarak tanımlanmaktadır (Köse, 2010). Düzensiz orijinal verileri, düzenli veriler haline getirerek sistemin başarısını sağlamaktadır (Bayramoğlu, 2013). Gri üretimin amacı, orijinal verideki rassallığı azaltıp, sistemin içindeki düzeni göstermektir. (Köse, 2010).

Gri üretim dört bölümden oluşmaktadır.

- *Gri ilişkiler üretim işlemi:* Sistemin ihtiyacı olan yeni bilgiyi, sisteme eklemek olarak açıklanmaktadır.
- *Birikimli üretim işlemi:* orijinal seri kullanılarak, üstel olarak artan yeni bir seriye ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu yeni seri, gri modelleme adımında girdi olarak kullanılmaktadır.
- *Ters birikimli üretim işlemi:* Orijinal seriyi tahmin etmek için birikimli serinin tahmini değerlerini kullanmaktadır.
- *Yerelleştirilmiş Üretim:* Bu yöntem kayıp verileri baştan oluşmakta ve seriyi eşit aralıklı duruma getirmektedir.

GST, sistem ne kadar karmaşık bir yapıya sahipse de sistemin temel özelliklerini yansıtan saklı işaretler olduğuna inanmaktadır. Araştırmacının yapması gerekense söz konusu işaretleri bulmak ve kullanabilmektir (Köse, 2010).

#### 4.5.2. Gri İlişki

Gri ilişki analizi, bir sistem içerisinde bulunan iki değişken arasında ya da iki farklı sistem arasındaki değişen ilişkileri ölçmek anlamına gelmektedir (Feng ve Wang, 2000). Bu iki değişken ya da iki sistem arasındaki benzerliklere ve farklılıklara “gri ilişki” denilmektedir (Köse, 2010).Eğer ikiden fazla değişken ya da sistem karşılaştırılacaksa, daha önce saptanmış bir referansa göre karşılaştırılan

değişkenlerin ya da sistemin derecelendirilmesi gerekmektedir. Bu durumda iki aşamadan bahsedilmektedir:

- *Gri ilişki derecesinin yerelleştirilmesi:* Bir referans seriye göre çalışılan diğer serilerin, referans seriye olan ilişkisinin belirlendiği aşamadır.
- *Gri ilişki derecesinin genelleştirilmesi:* Her serinin ilişki derecesinin sıralanmasından sonra, en yüksek derecedeki serinin seçilmesi durumuyla optimal serinin belirlenmesidir.

Gri ilişki analizi, çok değişkenin ve yetersiz verinin olduğu durumlarda regresyon analiz yöntemlerinin yerine kullanılan güçlü bir ölçüm modelidir.

#### **4.5.3. Gri Kontrol**

Geleneksel kontrol teorisinin temel ilkesi, sistem davranışlarını önceden kontrol etmektir (Deng, 1989). Gri kontrol, gri parametrelere sahip gri sistemlerin analizi, modellemesi, tahmini ve karar vermesine ilişkin kontrollerinde içinde bulunduğu, gri sistem davranışlarının önceden kontrolü anlamına gelir (Liu ve Lin, 2006). Gri kontrol, sistemin göstereceği davranışları ortaya çıkartmak için verileri kullanmaktadır. Daha sonra bir tahmin yöntemiyle birleştirerek kontrol sistemini optimal duruma getirmektedir (Bayramoğlu, 2013).

#### **4.5.4. Gri Karar Verme**

Karar verme, mevcut koşullara göre mümkün olabilen bir hedefe ulaşmak için çeşitli eylemler arasından en uygun olanı seçmektir (Öztürk, 2016). Gri karar verme, kullanılan modellerin gri değişkenler içermesi ya da genel karar modelinin birtakım gri modellerle birleştirilmesi ile ilgilidir. (Liu and Lin, 2006). Gri karar vermenin odağı, bir plan seçme problemidir. (Karadağ, 2021).

Karar problemlerinin çözümü için diğer yöntemlerle birleştirilip GM (1,1) modeli kullanılabilir (Bayramoğlu, 2013). Gri karar vermenin ilgili olduğu üç yaklaşımdan söz edilir:

- Gri durum stratejisi, sıradan şekilde tutarsız olan strateji oluşturma temeline dayalı çoklu nesnelere ilgilidir.
- Gri grup karar verme, gri istatistik, gri ilişki uzayı, gri kümeleme ve gri tahmin vasıtasıyla grubun karar vermesi olarak isimlendirilir.

- Gri Programlama, temel fikir olarak, geleneksel programlamayı doğrulamak ve dinamik bir programlama yapmak için sisteme gri tahmin modelini dahil etmek ve katsayıları çevreye uyum sağlayan gri sayılar olarak görmektir. (Deng, 1989)

#### 4.5.5. Gri Modelleme

Gri bir sistemin araştırılmasında en önemli problem tahmin modellemesidir. Gri modelleme, gri diferansiyel model (GM) olarak isimlendirilen, yapak kavramlar kullanarak gri fark denklemlerini gri diferansiyel denklemlere dönüştürmek ve gri ilişki eşitlikleri oluşturmak için kullanılmaktadır. Gri diferansiyel denklem, beyazlatma adı verilen bir gelişim oluşturmaktadır (Nguyen, 2021). Bir GM modeli oluşturmak için, en az dört veriye ihtiyaç olmaktadır (Deng,1989). Ayrıca, GM modelinde kullanılacak verilerin hepsinin değerleri pozitif olmalı ve zaman serileri aynı örnekleme frekansında olmalıdır.

Gri sistem teorisinde, GM (h,N) gri bir modeli belirtir, parantez içerisindeki “h” geliştirme katsayısını, “N” ise gri değişken sayısını ifade etmektedir. Çeşitli gri modellerden söz edilirken, birçok araştırmacı, diğer modellere göre daha basit programlanması ve hesaplamadaki verimliliği nedeniyle GM (1,1) Modeline yoğunlaşmaktadır. Gerçek zamanlı uygulama yapılırken, modelin performansından sonra gelen en önemli faktör, hesaplama zorluğunun olmamasıdır (Kayacan vd, 2010).

Gri bir sistemin modellenmesi için birçok gri model kurulabilir. Başta GM (1,1) Modeli olmak üzere farklı model türü aşağıda açıklanmaktadır:

- GM (1,1) Modeli: Gri modeller içinde literatürde en çok rastlanan GM (1,1) modeli, birinci dereceden tek değişkenli gri model olarak ifade edilmektedir. GM (1,1) Modeli, zaman serisi tahmin modelidir ve modelin diferansiyel denklemi zaman içinde değişen katsayılar barındırır. Bu model, yeni verileri tahmin için uygun hale getiren ve böylelikle etkili tahminler yapabilen bir modeldir.
- GM (1,N) Modeli: GM (1,N) Modeli, birinci dereceden N sayıda değişkenli gri model olarak ifade edilmektedir. Bu model, çok değişkenli analizlerde kullanılmaktadır. İlk başta N tane değişkenin diferansiyelleri hesaplanmaktadır. GM (h,N) modelinde N-1 tane bağımsız değişken ve 1 tane bağımlı değişken

bulunmaktadır. Sebep-sonuç ilişkisi içeren tahminler için kullanılacak yöntemlerdendir.

- GM (0,N) Modeli: GM (0,N) modeli, diferansiyel olmayan, N sayıda değişkenli gri model olarak ifade edilmektedir. Genel olarak çok değişkenli korelasyon analizlerinde kullanılmaktadır. Türev alma işlemi gerekmediği için durağan bir modeldir. GM (0,N) modeli doğrusal regresyon modellerine benzemektedir. Fakat birbirlerinden ayıran temel farklılıklar vardır. Genel olarak aralarındaki temel fark, doğrusal regresyon modeli ham veri seti kullanırken, GM (0,N) modeli birikimli seri kullanılmaktadır. GM (0,N) modelinin türev alma işlemi dışındaki analiz adımları GM (1,N) modeli ile aynıdır.

GM (1,1) modeli gri tahmin, gri kontrol ve gri programlamada oldukça etkili bir modeldir. GM (1,N) modeli ise gri çok değişkenli kontrol ve bölgesel ekonomik programlamalar için önemli bir modeldir (Deng, 1986).

#### **4.5.6. Gri Tahmin**

Tahmin, geçmişin çalışmalarıyla geleceği anlatan bir aksiyondur. Gri tahmin, sistem hakkında yeterli bilginin olmadığı ve sınırlı sayıda verinin bulunduğu durumlarda oldukça başarılı sonuçlar elde edilen bir tahmin yöntemidir. Gri tahmin yöntemi, sahip olunan mevcut verileri kullanarak, gri model GM (1,1) yardımıyla geleceği tahmin etmek için geliştirilmiştir. Gri tahmin modellerinin konuları, kullanış amacı ve yöntemine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

*Seri tahmini:* Bir sistemdeki değişkenlerin gelecekteki davranışlarını önceden tahmin etmek için uygulanan ve yaygın olarak GM (1,1) modelini kullanan bir atılımdır. Öncelikle, Nitel veri analizi temelinde, mevcut olan veri serisi üzerinde uygun seri operatörleri tanımlanır. Daha sonra elde edilen seriler üzerinde GM (1,1) modeli oluşturulur. Modelin doğruluk kontrolleri yapılır, model doğruluk testinden başarılı bir şekilde geçer ise tahminler yapmak için kullanılabilir (Liu and Lin, 2006).

*Aralık tahmini:* Karmaşık veri serileri için herhangi bir modelin simülasyon sonuçlarının doğruluk testinden geçmesi ve kesin tahmin değerleri üretmesi oldukça zordur. Böyle durumlarda aralık tahmin modellerinden yararlanılmaktadır. Gelecekteki değişkenleri tahmin etmek için kesin bir değer kullanmak yerine olası değerlerin aralığı kullanılmaktadır (Liu and Lin, 2006).

*Afet tahmini:* Sistemin sergilediği normal olmayan bir durumun tahmini için kullanılır. Afet tahmininin amacı, Gelecek felaketlere hazırlıklı olmak ve olası hasarları önlemek için normal olmayan durumların zamanını tahmin etmektir.

*Mevsimsel afet tahmini:* Sistemin sergilediği normal olmayan durumun, bir yılın belirli bir mevsiminde tahmin edilmesidir. Afet tahminine benzer ancak işlemleri farklıdır.

*Borsa ve benzeri tahminler:* ham veri serisinde büyük dalgalanmalar varsa, uygun bir model kurmak oldukça zordur. Böyle bir durumda, eğer aralık tahmini istenilen sonucu vermiyorsa, ham veri serisindeki dalgalanmalara dayanarak gelecekteki ilerlemenin dalgalı eğrisinde tahminlerde bulunulabilir. Bu şekilde oluşan tahmine borsa ve benzeri tahmin denilmektedir.

*Sistem tahmini:* Tek bir model, birbiriyle ilişkili çeşitli unsur ve davranışsal değişkenlere sahip olan sistemler için sistemin ilerleyişini kesin olarak gösterememektedir. Bu nedenle, sistemin etkili bir şekilde tahmin edilmesi için bir model sistemi kurulmalıdır. Sistem tahmininde GM (1,1) ve GM (1,N) modelleri birlikte kullanılarak etkili tahminler yapılmaktadır.

Geleneksel tahmin yöntemleri doğru sonuçlar elde edebilmek için çok sayıda veriye ve bazı istatistiksel dağılımlara ihtiyaç duyarken gri tahmin yöntemi veri seti hakkında katı varsayımlara ihtiyaç duymamakta ve sadece 4 veriyle başarılı tahminler yapabilmektedir. Gri tahmin yöntemi ve geleneksel tahmin yöntemleri aşağıda karşılaştırılmıştır.

| Yöntem             | Gerekli Veri Sayısı | Veri Türü                     | Tahmin Dönemi    |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| <b>Gri Tahmin</b>  | 4                   | Eşit ve Eşit Olmayan Aralıklı | Kısa, Orta, Uzun |
| <b>Basit Üstel</b> | 5-10                | Eşit Aralıklı                 | Kısa             |
| <b>Winter's</b>    | 5                   | Aynı Trendde ve Düzenli       | Kısa, Orta       |
| <b>Holt's</b>      | 10-15               | Aynı Trendde ve Düzenli       | Kısa, Orta       |
| <b>Regresyon</b>   | 10-20               | Aynı Trendde ve Düzenli       | Kısa, Orta       |
| <b>Box-Jenkins</b> | 50                  | Eşit Aralıklı                 | Kısa, Orta, Uzun |

Tablo 4.4. Gri Tahmin Yöntemi ve Geleneksel Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Gri tahmin modeli, bir sistemdeki değişimleri araştırır, serilerin ve verilerin arasındaki ilişkileri ortaya çıkarır ve sonrasında sistem için bir tahmin işlemi gerçekleştirir. Gri tahminin işlemleri için en çok GM (1,1) modeli kullanılmaktadır. Bu modelle gerçekleştirilen tahmin için üç temel işlem bulunmaktadır (Bayramoğlu, 2013).

- Birikimli Üretim İşlemi (BÜİ)
- Gri Modelleme (GM)
- Ters Birikimli Üretim İşlemi (TBÜİ)

Genel olarak klasik bir GM (1,1) tahmin modeli aşamaları aşağıdaki gibidir (Liu and Lin, 2006):

**1.Aşama:** Negatif olmayan başlangıç verileri kullanılarak ham bir zaman serisi ( $X^{(0)}$ ) oluşturulur.

$$\begin{aligned} X^{(0)} &= (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \\ &= (x^{(0)}(k); k = 1, 2, 3, \dots, n; n \geq 4) \end{aligned}$$

**2.Aşama:** Oluşturulan ham zaman serisine ( $X^{(0)}$ ) birikimli üretim işlemi uygulanarak birikimli bir zaman serisi ( $X^{(1)}$ ) oluşturulur.

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \\ &= (x^{(1)}(k); k = 1, 2, 3, \dots, n; n \geq 4) \end{aligned}$$

**3. Aşama:** Birikimli zaman serisi ( $X^{(1)}$ ) ile birinci dereceden gri diferansiyel denklem oluşturulur.

$$x^{(1)}(k) + \alpha z^{(1)}(k) = b, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$z^{(1)} = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1), \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Genellikle eşit ağırlıklı beyazlaştırma fonksiyonu tercih edildiği için  $\alpha = 0.5$  olarak alınır.

**4.Aşama:** EKKY ile  $a$  ve  $b$  katsayıları tahmin edilir.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ \dots \\ x^{(1)}(n) \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

$Y = BA$  olur.

$a$  ve  $b$  katsayılarını tahmin etmek için,

$$A = (B^T B)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

GM (1,1) ile tahmin yapabilmek için ilk olarak " $a$ " (geliştirme katsayısı) ve " $b$ " (gri etki miktarı) parametrelerinin değerlerinin bulunması gereklidir. Bu değerlerin bulunması için EKKY ve parametrik yöntem kullanılan iki yöntemdir. Fakat bu iki yöntem arasından EKKY kullanılması tavsiye edilmektedir.

**5. Aşama:** Birinci dereceden diferansiyel denklem oluşturulur.

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b$$

**6. Aşama:** birinci dereceden diferansiyel denklem ile birikimli zaman serisinin ( $X^{(1)}$ ) tahmini değerleri bulunur.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-(ak)} + \frac{b}{a}, \quad k = 1, 2, \dots$$

**7. Aşama:** ( $X^{(1)}$ )' in tahmini değerleri ile ters birikimli üretim işlemi yapılarak tahmin değerleri elde edilir.

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k),$$

Yedinci aşamadaki eşitlik altıncı aşamadaki eşitlikte yerine konulduğunda, eşitlik  $\hat{x}^{(0)}(k+1)$  elde edilmiş olur. Ardından eşitlik çözülerek tahmini değerler elde edilmiş olur.

$$\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$$

olmak üzere,

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^a) \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-(ak)}, \quad k = 1, 2, \dots$$

**8. Aşama:** GM (1,1) modelinin hata payı belirlenir.

$$MAPE = \frac{\sum \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}}{n} \times 100$$

Modellerin tahmin performansı test edilirken birçok yöntem kullanılabilir. Ancak, Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) yöntemi, yapılan tahminlerin

hatalarını yüzde olarak gösterdiği için diğer yöntemlere göre üstün görülmekte ve daha çok tercih edilmektedir. Yapılan tahminler sonucunda elde edilen hata değerlerinin geçerli olması için MAPE değerleri %10'dan düşük olması gerekmektedir. %10'un altındaki hata değerleri "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olarak adlandırılır. (Eren ve Kaçtıoğlu, 2017).

Hata analizinden sonra güven verici sonuçlar elde edilememiş ise  $k$  ve  $a$  değerleri değiştirilir ve model yeniden çalıştırılarak yeni tahminlerin hata payları elde edilir. Eğer güven verici sonuçlar elde edildiyse işlem sonlandırılır.

#### 4.6. Gri Sayılar ve Matematiksel İşlemler

Herhangi bir Gri sistem, gri sayılar, gri denklemler, gri diziler ya da gri matrisler ile tanımlanmaktadır (Liu, 2017).

##### 4.6.1. Gri Sayılar

Gri sistemlerin en temel unsuru olan gri sayılar, sistemde bulunan belirsiz bilgileri tanımlamak için kullanılmaktadır (Liu ve Lin, 2006). Uygulamalar için gri bir sayı, gerçek değeri bilinmeyen ancak olası değeri bir aralık içinde bulunan ya da bir sayı kümesi içinde belirlenebilen belirsiz bir sayı anlamına gelmektedir. Gri bir sayı  $\otimes$  sembolü ile ifade edilmektedir. Aşağıda, birkaç gri sayı çeşidi açıklanmaktadır (Liu, 2007).

- *Sadece alt sınırı olan gri sayılar:* Yalnızca alt sınır değeri olan, üst sınır değeri olmayan gri sayılardır. Sadece alt sınırı olan gri sayılar  $\otimes \in [a, \infty)$  ya da  $\otimes \in (a)$  şeklinde gösterilmektedir. Burada  $a$ , gri sayının ( $\otimes$ ) alt sınırını gösteren sabit bir değerdir. Gri alan olarak adlandırılan  $[a, \infty)$  ise, gri sayının ( $\otimes$ ) değer aralığıdır.
- *Sadece üst sınırı olan gri sayılar:* Yalnızca üst sınır değeri olan, alt sınır değeri olmayan gri sayılardır. Sadece üst sınırı olan gri sayılar  $\otimes \in (-\infty, \bar{a}]$  ya da  $\otimes \in (\bar{a})$  şeklinde gösterilmektedir. Burada  $\bar{a}$ , gri sayının ( $\otimes$ ) üst sınırını gösteren sabit bir değerdir.
- *Aralıklı gri sayılar:* hem alt sınır hem de üst sınır değeri olan gri sayılar ( $\otimes$ )'dır.  $\otimes \in [a, \bar{a}]$  şeklinde gösterilmektedir.

- *Kesikli ve sürekli gri sayılar:* Belirli bir aralıkta, sayılabilir sayıda ya da sınırlı sayıda değer alan gri sayılar, kesikli gri sayılardır. Bir aralığın içinde sonsuz değeri alan gri sayılar, sürekli gri sayılardır.
- *Siyah sayılar ve beyaz sayılar:* Alt ve üst sınırları olmayan ya da alt ve üst sınır değerleri gri sayılardan ( $\otimes$ )oluşan sayılar, siyah sayılar olarak adlandırılırlar.  $\otimes \in (-\infty, \infty)$ ya da  $\otimes \in (\otimes_1, \otimes_2)$  şeklinde gösterilirler. Beyaz sayılar ise Alt ve üst sınırları belirli ve birbirine eşit olan gri sayılardır ve  $\otimes \in [a, \bar{a}]$  ve  $\underline{a} = \bar{a}$  şeklinde gösterilirler. Tutarlılık açısından, siyah sayılar ve beyaz sayılar özel gri sayılar olarak ele alınmaktadır.
- *Temel ve temel olmayan gri sayılar:* Gri sayının yerine, geçici olarak bir beyaz sayı bulunmasının mümkün olmadığı gri sayılar, temel gri sayılar olarak adlandırılır. Temel olmayan gri sayılar ise belirli yöntemler ve önceden bilinen bilgilerle elde edilen beyaz bir sayı ile temsil edilebilen gri sayılardır. Söz edilen bu beyaz sayı, gri sayının beyazlaştırma değeri olarak adlandırılır ve  $\widetilde{\otimes}$  şeklinde gösterilir.  $\otimes(a)$  ise beyazlaştırma değeri  $a$  olan gri sayıları temsil eder.

Gri bir sayı, belirsiz bir sayıdır ve belirli bir aralıkta bulunur. Aralık, gri sayının kapağı olarak düşünülebilir (Liu, 2017).

#### 4.6.2. Matematiksel İşlemler

$\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  gri sayılar  $\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $\otimes_2 \in [c, d]$ ,  $c < d$  şeklinde tanımlanmaktadır.  $\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  gri sayılar arasındaki işlemler \* sembolü ile gösterilirse  $\otimes_3 = \otimes_1 + \otimes_2$  ve  $\otimes_3 \in [e, f]$ ,  $e < f$  şeklinde tanımlanır ve  $\otimes_3$  de aralıklı bir gri sayı olacaktır.

##### 4.6.2.1. Toplama işlemi

Durum  $\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $\otimes_2 \in [c, d]$ ,  $c < d$  diken  $\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  sayılarının toplamı  $\otimes_1 + \otimes_2$  şeklinde olacaktır. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a + b, c + d]$$

##### 4.6.2.2. Toplamsal ters işlem

$\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ise  $\otimes_1$  gri sayısının tersi  $-\otimes_1$  şeklinde olacaktır. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$-\otimes_1 \in [-b, -a]$$

#### 4.6.2.3. Çıkarma işlemi

Durum  $\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $\otimes_2 \in [c, d]$ ,  $c < d$  ise  $\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  sayılarının farkı  $\otimes_1 - \otimes_2$  şeklinde olacaktır. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\otimes_1 - \otimes_2 = \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a-d, b-c]$$

#### 4.6.2.4. Çarpmaya göre tersi işlemi

Durum  $\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $ab > 0$  ise  $\otimes_1$  gri sayısının tersi  $\otimes_1^{-1}$  şeklindedir. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\otimes_1^{-1} \in \left[ \frac{1}{b}, \frac{1}{a} \right]$$

#### 4.6.2.5. Çarpma işlemi

Durum  $\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $\otimes_2 \in [c, d]$ ,  $c < d$  ise  $\otimes_1$  ve  $\otimes_2$  sayılarının çarpımı  $\otimes_1 \cdot \otimes_2$  şeklinde olacaktır. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\otimes_1 \cdot \otimes_2 \in [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}]$$

#### 4.6.2.6. Bölme işlemi

$\otimes_1 \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $\otimes_2 \in [c, d]$ ,  $c < d$  olmak üzere ve  $cd > 0$  koşulu sağlanıyorsa,  $\otimes_1$  gri sayısının  $\otimes_2$  gri sayısına bölümü  $\frac{\otimes_1}{\otimes_2}$  şeklinde olacaktır. Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} = \otimes_1 \cdot \otimes_2^{-1} \in \left[ \min\left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\}, \max\left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \right]$$

#### 4.6.2.7. Skaler çarpma işlemi

$\otimes \in [a, b]$ ,  $a < b$  ve  $k$ 'nin sabit bir pozitif gerçekteki sayı olduğu varsayımı altında  $\otimes$  gri sayısının  $k$  sabit sayısı ile skaler çarpımı aşağıdaki gibidir.

$$k \cdot \otimes \in [ka, kb]$$

Aralık gri sayıların toplamı bir küme oluşturur. Varsayalım ki,  $R(\otimes)$  bir aralıklı sayılar kümesi olsun, öyleyse  $\otimes_r$ ,  $\otimes_j$  ve  $\otimes_k \in R(\otimes)$  için aşağıdakiler tanımlar doğrudur.

- $\otimes_\tau + \otimes_j = \otimes_j + \otimes_\tau$
- $(\otimes_\tau + \otimes_j) + \otimes_k = \otimes_j + (\otimes_\tau + \otimes_k)$
- $0 \in R(\otimes)$  ise  $\otimes_\tau + 0 = \otimes_\tau$
- Herhangi bir  $\otimes \in R(\otimes)$  için  $-\otimes \in R(\otimes)$  olur. O zaman  $\otimes + (-\otimes) = 0$
- $\otimes_\tau \cdot (\otimes_j \cdot \otimes_k) = (\otimes_\tau \cdot \otimes_j) \cdot \otimes_k$
- $1 \in R(\otimes)$  ise  $1 \cdot \otimes_\tau = \otimes_\tau$
- $(\otimes_\tau + \otimes_j) \cdot \otimes_k = \otimes_\tau \cdot \otimes_k + \otimes_j \cdot \otimes_k$
- $\otimes_\tau \cdot (\otimes_j + \otimes_k) = \otimes_\tau \cdot \otimes_j + \otimes_\tau \cdot \otimes_k$

## 4.7. Gri Sayıların Beyazlatılması ve Grilik Derecesi

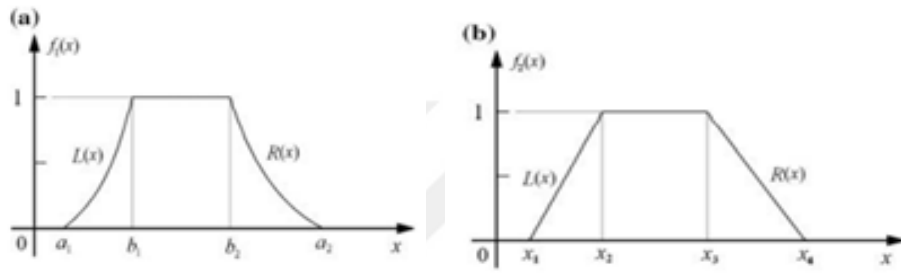
### 4.7.1. Gri Sayıların Beyazlatılması

Belirli bir sabit değer etrafında titreşim gösteren bir gri sayılar grubu bulunmaktadır. Bu gri sayı grubu diğer sayı gruplarına göre daha kolay beyazlatılabilir. Çünkü sabit değeri, temel beyazlatma değeri olarak kullanılabilinmektedir. Sabit değeri  $a$  olan gri bir sayı  $\otimes(a) = a + \delta_a$  ya da  $\otimes(a) \in (-, a, +)$  şeklinde gösterilmektedir. Burada  $\delta_a$  sembolü titreşim değişkenini ve  $\otimes(a) = a$  gri sayının beyazlatma değerini göstermektedir (Liu ve Lin, 2004). Aralıklı bir gri sayı  $\otimes \in [a, b]$  için ise beyazlatma değeri  $(\widetilde{\otimes}), \widetilde{\otimes} = \alpha a + (1 - \alpha)b$ ,  $\alpha \in [0, 1]$  şeklinde elde edilmektedir. Bu durum “eşit ağırlıklı beyazlatma” olarak adlandırılmaktadır.  $\alpha = \frac{1}{2}$  olduğunda ise “eşit ağırlıklı ortalama beyazlatma” yöntemi adlandırılmaktadır. Aralıklı bir gri sayının dağılımı bilinmiyorsa, sıklıkla eşit ağırlıklı ortalama beyazlatma kullanılmaktadır. Eğer, gri bir sayının dağılımı biliniyorsa, bu durumda “eşit ağırlıklı olmayan beyazlatma” uygulanmaktadır (Liu, 2004).

Ağırlık değerinin her zaman 0,5 olarak alınamayacağı durumlar oluşabilmektedir. Böyle durumlarda veri özellikleri de dikkate alınarak farklı beyazlaştırma ağırlık fonksiyonları oluşturulmaktadır. Beyazlaştırma işleminde kullanılacak olan ağırlık değerleri de bu beyazlaştırma ağırlık fonksiyonları yardımı ile elde edilmektedir. Burada yer alan değişim değeri  $\varepsilon a = 0$  olarak alınması durumunda  $\otimes(a)$ , beyaz sayı olacaktır.

Gri bir sayının değeri hakkında yeterli bilgi bulunuyorsa, gri sayının potansiyel değerini alma olasılığı, bir beyazlatma ağırlık fonksiyonu kullanılır. Bir gri sayının beyazlatma ağırlık fonksiyonu, araştırmacının mevcut bilgi ve deneyimine bağlı olarak oluşturulmaktadır. Beyazlatma ağırlık fonksiyonun başlangıç noktası ve bitiş noktasının önemlidir. Ancak izlenecek sabit bir yolu yoktur (Liu,2004) .

Tipik beyazlatma ağırlık fonksiyonu, sol taraf artan ve sağ taraf azalan, sabit bir başlangıcı ve bitişi olan sürekli bir fonksiyondur.



Şekil 4.1. Tipik Beyazlatma Ağırlık Fonksiyonu

- $L(x)$ : Artan fonksiyon (sol taraf)  
 $R(x)$ : Azalan fonksiyon (sağ taraf)  
 $[b_1, b_2]$ : Pik alanı (peak area)  
 $a_1$ : Başlama noktası  
 $a_2$ : Bitiş noktası  
 $b_1$  ve  $b_2$ : Dönüş noktaları  
 $f(x)$ : Tipik beyazlaştırma ağırlık fonksiyonu

$$f_1(x) = \begin{cases} L(x), & x \in [a_1, b_1) \\ 1, & x \in [b_1, b_2] \\ R(x), & x \in (b_2, a_2] \end{cases}$$

veya

$$f_2(x) = \begin{cases} L(x) = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}, & x \in [x_1, x_2) \\ 1, & x \in [x_2, x_3] \\ R(x) = \frac{x_4 - x}{x_4 - x_3}, & x \in (x_3, x_4] \end{cases}$$

X tüm gerçel sayılardan oluşan bir küme olsun,  $Y \subseteq [0,1]$  ve  $f: X \rightarrow Y$  tipik beyazlaştırma ağırlık fonksiyonu aşağıdaki koşulları sağlar:

- $f(\emptyset) = \emptyset$ ,
- $f(X) = Y$ ,
- $A, B \subseteq X$ , Eğer  $A \subseteq B$  ise  $f(A) \subseteq f(B)$ ,
- $A \neq B$  ise  $f(A) = \emptyset$ ,
- $f(A \cup B) = f(A) \cup f(B)$ ,
- $f(A \cap B) \subseteq f(A) \cap f(B)$ .

$f^{-1}$ ,  $f$  tipik beyazlatma ağırlık fonksiyonun tersi iken:

$$Y \subseteq [0,1], f^{-1}(y) = \{x | f(x) = y\}, y \in Y.$$

#### 4.7.2. Grilik Derecesi

GST' nin temel kavramlarından biri olan grilik derecesi, gri bir sayı ile gösterilen ve bilinmeyen sayı aralığının önemini ifade eder (Yang ve John, 2011). Grilik derecesi, GST'de bulunan çoğu modelde kullanılmaktadır ve bu kavramın gelişmesi için yapılan çalışmalar GST'nin önemli amaçlarından biridir (Mierzwiak vd, 2019).

Gri bir sayı  $\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}]$ ,  $\underline{a} < \bar{a}$  beyazlaştırma ağırlık fonksiyonu  $f(a_1, b_1, b_2, a_2)$  ile gösterilebilir (Liu ve Lin, 2004). Buna göre grilik derecesi  $g^0$  fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$g^0(\otimes) = \frac{2|b_1 - b_2|}{b_1 + b_2} + \max\left\{\frac{|a_1 - b_1|}{b_1}, \frac{2|a_2 - b_2|}{b_2}\right\}$$

Grilik derecesi, bilgi eksikliği olan gri bir sayı için belirsizliğin ölçümüdür. Grilik derecesi  $g^0$  siyah bir sayı için 1 ve beyaz bir sayı için 0'dır.

Gri bir küme için grilik, kümenin öğeleriyle ilişkisinde bilgilerimizin yetersiz olduğu durumunu gösterir (Yang vd, 2012).

#### 4.8. Literatür Taraması

Uygulama yönüyle birçok farklı uygulama alanlarına sahip GST'nin bir parçası olan Gri Tahmin, belirsizlik durumunda ve kısıtlı veriler ile hızlı ve pratik uygulanabilen oldukça başarılı tahmin sonuçları veren bir yöntemdir. Son dönemlerde kullanım alanı büyük bir hızla gelişen GST, güvenilir tahminlerde bulunabilmesi ile pek çok çalışmanın konusu olmuştur.

Hsu ve Wen (1998), Asya-Pasifik bölgesinde on ülke çifti arasındaki havayolu yolcu trafiği tahmini için modeli GM (1,1) geliştirdiler. Sonuçlar göre, GM (1,1) modeli, ARIMA ve çoklu regresyondan daha iyi performans göstermiştir.

Hsu (2003), entegre devre sistemleri taleplerinin tahmini için GST ve geleneksel tahmin yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Bunun sonucunda, kısa dönemli tahminlerde GST'nin daha iyi tahminler yaptığı görülmüştür.

Akay ve Atak (2007), Türkiye elektrik talebini yuvarlanma mekanizmalı GM (1,1) modeli ile tahmin etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda oldukça başarılı tahminler yapıldığı görülmüştür.

Askari ve Askari (2011), orijinal GM (1,1) ve dönüştürülmüş GM (1,1) modellerinin doğruluklarını Fourier serileri ile araştırmışlardır ve bu modellerin performanslarını, ARIMA modeli ile karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırma için altın fiyatının veri setini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, dönüştürülmüş GM (1,1) modelinin ARIMA modeline göre daha iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Wu ve Chen (2011), Çin'in döviz kurundaki kısa vadeli değişiklikleri tahmin etmek için GM (1, 1) modeli kullanmışlardır. Yapılan tahminlerin doğruluğunu iyileştirmek için Zayıflatma Operatörü yöntemini uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre GM (1, 1) modelinin kısıtlı veri ile döviz kurundaki değişiklikleri yüksek doğrulukta tahmin ettiği görülmüştür.

Rathnayaka ve Seneviratna (2014), 1998-2015 tarihlerinde Sri Lanka'nın yıllık elektrik tüketimi GM (1,1) ve ARIMA (1,1) modelleri ile tahmin etmişlerdir. Kullanılan modellerin doğruluğunu MAD, MSE ve MAPE istatistikleri ile test ederek karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, GM (1,1) modelinin ARIMA (1,1) modeline göre daha iyi tahminler yaptığı görülmüştür.

Köse vd. (2015), yaptıkları çalışmanın amacı, gri tahmin yönteminin etkinliğini test etmektir. Bir üniversitede dört yıllık eğitimlerini tamamlamış olan öğrencilerin, ilk beş yarıyılın başarı ortalamalarını kullanarak mezuniyet ortalamalarını, gri tahmin yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre gri tahmin yönteminin kısıtlı veri ile oldukça iyi performans gösterdiği görülmüştür. Yaptıkları çalışmanın amacı, gri tahmin yönteminin etkinliğini test etmektir.

Oruç ve Eroğlu (2017), Isparta ilinin doğalgaz ihtiyacını belirlemek amacıyla GM (1,1), Box-Jenkins ve Üstel Düzleştirme yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Tahmin sürecinde konut sektörüne ait Ocak 2010-Nisan 2016 tarihlerini kapsayan 76 aylık veri kullanmışlardır. Mayıs 2016-Aralık 2017 tarihlerini kapsayan 20 ay için tahmin işlemini gerçekleştirildiği bu çalışmada, üç modelin tahmin performansı RMSE, MSE, MAE-MAD ve MAPE istatistikleri ile ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, GM (1,1) modeli en iyi tahmin sonuçlarını verirken, BoxJenkins Yöntemi en başarısız tahmin sonuçlarını vermiştir.

## **5. GRİ SİSTEM TEORİSİ İLE KRİPTO PARA FİYAT TAHMİNİ**

### **5.1. Uygulamanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı, kripto paraların (Bitcoin, Ethereum, Litecoin) fiyatlarını ve değişimlerini gri sistem teorisi kullanarak tahmin etmektir.

### **5.2. Veri Seti ve Yöntem**

Bu çalışmada popülerliği yüksek ve farklı özelliklere sahip 3 değişken Bitcoin, Ethereum ve Litecoin kripto paralarına ait fiyat verileri kullanılmıştır. Bu değişkenlerden her birinin geçmiş değerlerinin etkisinde olduğu düşünüldüğü için her değişkenin modeli ayrı olarak kurulmuştur. Değişkenlere İlişkin fiyat verileri [www.coinmarketcap.com](http://www.coinmarketcap.com) adresli web sitesinden elde edilmiştir ve kripto para piyasasında günlük değişimlerin oldukça önemli olduğundan çalışmada günlük kapanış verileri kullanılmıştır. Kripto paraların bir gündeki son fiyatı kapanış fiyatı olarak adlandırılır ve o gün için değeri olarak kabul edilmektedir.

Kripto para fiyatlarının tahmini için GM (1,1) modelinden yararlanılmıştır. Bu modelin yetersiz verinin olduğu durumda da başarılı olduğunu göstermek için sadece on gözlem kullanılmıştır. Çalışmanın örnekleme, 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihleri arasında ve Amerikan Doları cinsindedir. Çalışmada, Microsoft EXCEL programı kullanılmıştır.

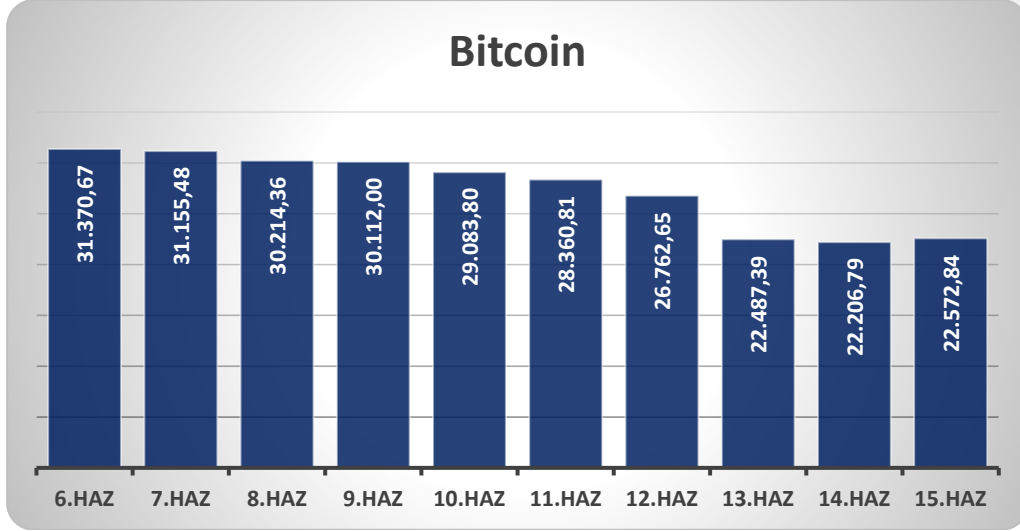
### **5.3. GM (1,1) Yöntemi ile Seçilen Kripto Para Fiyatlarının Tahmini**

Çalışmanın bu bölümünde ele alınan Bitcoin (BTC), Ethereum (ETC) ve Litecoin (LTC) kripto paraların fiyatlarının her biri bölüm 3.5.6. da aşamaları verilen GM (1,1) modeli kullanılarak ayrı ayrı analiz edilmiş ve geleceğe ilişkin tahmin değerleri elde edilmiştir. Daha sonra tahmin performansını ölçmek için gerçek değerler ile tahmin değerleri karşılaştırılarak Ortak Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ile tahmin değerlerinin hata oranı hesaplanmıştır. Ele alınan değişkenlere ait veriler Tablo 4.1. de verilmiştir.

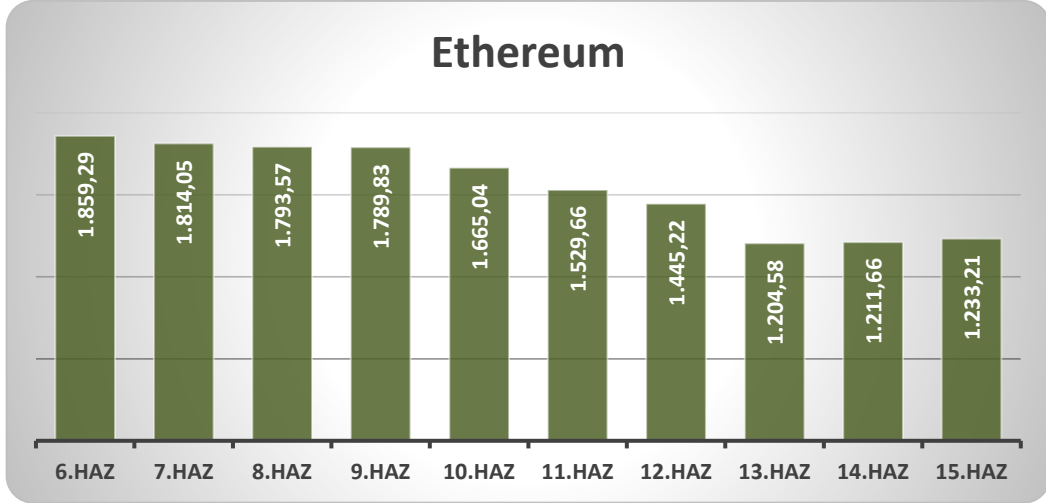
| Tarih           | BTC/USD   | ETH/USD  | LTC/USD |
|-----------------|-----------|----------|---------|
| 6 Haziran 2022  | 31.370,67 | 1.859,29 | 64,42   |
| 7 Haziran 2022  | 31.155,48 | 1.814,05 | 63,91   |
| 8 Haziran 2022  | 30.214,36 | 1.793,57 | 61,55   |
| 9 Haziran 2022  | 30.112,00 | 1.789,83 | 60,22   |
| 10 Haziran 2022 | 29.083,80 | 1.665,04 | 56,66   |
| 11 Haziran 2022 | 28.360,81 | 1.529,66 | 52,29   |
| 12 Haziran 2022 | 26.762,65 | 1.445,22 | 48,23   |
| 13 Haziran 2022 | 22.487,39 | 1.204,58 | 43,3    |
| 14 Haziran 2022 | 22.206,79 | 1.211,66 | 46,13   |
| 15 Haziran 2022 | 22.572,84 | 1.233,21 | 50,49   |

Tablo 5.1. Kullanılan Değişkenlere Ait Gerçek Değerler

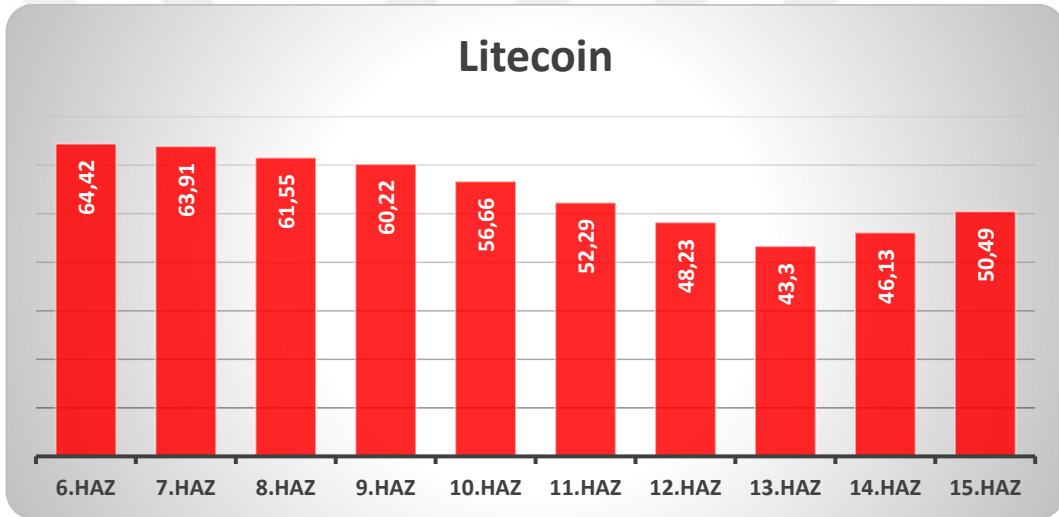
Tablo 5.1’de görüldüğü üzere tüm değişkenler için 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihleri arasında kısmen dalgalanmalar bulunsa da Şekiller (5.1,5.2, 5.3) bakıldığında geneli itibariyle bir düşüş olduğunu söylenebilir.



Şekil 5.1. Bitcoin’e Ait Gerçek Değerler



Şekil 5.2. Ethereum'a Ait Gerçek Değerler



Şekil 5.3. Litecoin'in'e Ait Gerçek Değerler

### 5.3.1. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin Fiyat Tahmini

İlk olarak gerçek değerler kullanılarak bir zaman serisi ( $X^{(0)}$ ) oluşturulmuştur. Daha sonra bu değerlere BÜİ uygulanarak monoton bir şekilde artan birikimli zaman serisi ( $X^{(1)}$ ) elde edilmiştir.  $X^{(1)}$  serisi Tablo 0 da gösterilmiştir.

|                             | <b>Bitcoin</b> | <b>Ethereum</b> | <b>Litecoin</b> |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>X<sup>(1)</sup> (1)</b>  | 31.370,67      | 1.859,29        | 64,42           |
| <b>X<sup>(1)</sup> (2)</b>  | 62.526,15      | 3.673,34        | 128,33          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (3)</b>  | 92.740,51      | 5.466,91        | 189,88          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (4)</b>  | 122.852,51     | 7.256,74        | 250,1           |
| <b>X<sup>(1)</sup> (5)</b>  | 151.936,31     | 8.921,78        | 306,76          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (6)</b>  | 180.297,12     | 10.451,44       | 359,05          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (7)</b>  | 207.059,77     | 11.896,66       | 407,28          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (8)</b>  | 229.547,16     | 13.101,24       | 450,58          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (9)</b>  | 251.753,95     | 14.312,90       | 496,71          |
| <b>X<sup>(1)</sup> (10)</b> | 274.326,79     | 15.546,11       | 547,2           |

Tablo 5.2. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin X (1) Değerleri

Oluşturulan birikimli seri değerleri ile  $z^{(0)}$  serisi oluşturulmuştur. Birinci dereceden gri diferansiyel denklem yardımıyla oluşturulan  $z^{(0)}$  serisinin değerleri,  $X^{(1)}$  birikimli seride art arda gelen verilerin ortalaması alınarak elde edilmiştir.

|                             | <b>Bitcoin</b> | <b>Ethereum</b> | <b>Litecoin</b> |
|-----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>z<sup>(1)</sup> (1)</b>  | -              | -               | -               |
| <b>z<sup>(1)</sup> (2)</b>  | 46.948,41      | 5.532,63        | 96,375          |
| <b>z<sup>(1)</sup> (3)</b>  | 77.633,33      | 9.140,25        | 159,105         |
| <b>z<sup>(1)</sup> (4)</b>  | 107.796,51     | 12.723,65       | 219,99          |
| <b>z<sup>(1)</sup> (5)</b>  | 137.394,41     | 16.178,52       | 278,43          |
| <b>z<sup>(1)</sup> (6)</b>  | 166.116,71     | 19.373,22       | 332,905         |
| <b>z<sup>(1)</sup> (7)</b>  | 193.678,45     | 22.348,10       | 383,165         |
| <b>z<sup>(1)</sup> (8)</b>  | 218.303,46     | 24.997,90       | 428,93          |
| <b>z<sup>(1)</sup> (9)</b>  | 240.650,55     | 27.414,14       | 473,645         |
| <b>z<sup>(1)</sup> (10)</b> | 263.040,37     | 29.859,01       | 521,955         |

Tablo 5.3. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin z<sup>(1)</sup> Değerleri

Daha sonra EKK yöntemiyle  $a$  ve  $b$  katsayıları tahmin edilmiştir. Değişkenlerin her biri için  $a$  ve  $b$  katsayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

|          | <b>Bitcoin</b> | <b>Ethereum</b> | <b>Litecoin</b> |
|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| <i>a</i> | 0,046079       | 0,059232        | 0,045403        |
| <i>b</i> | 34427,02       | 2072,17         | 68,24432        |

Tablo 5.4. Değişkenler Ait a ve b Değerleri

*a* ve *b* katsayıları elde edilmesinin ardından, tahmin işleminin gerçekleştirilmesi için birinci dereceden türevlenebilir gri denklem oluşturulur ve bu denklem ile birikimli seri olan  $X^{(1)}$ 'in tahmin değerleri ( $\hat{x}^{(1)}$ ) hesaplanır.

|                     | <b>Bitcoin</b> | <b>Ethereum</b> | <b>Litecoin</b> |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $\hat{x}^{(1)}(1)$  | -              | -               | -               |
| $\hat{x}^{(1)}(2)$  | 63.604,82      | 3.764,35        | 128,27          |
| $\hat{x}^{(1)}(3)$  | 94.386,40      | 5.559,85        | 189,3           |
| $\hat{x}^{(1)}(4)$  | 123.781,78     | 7.252,08        | 247,61          |
| $\hat{x}^{(1)}(5)$  | 151.853,38     | 8.847,00        | 303,34          |
| $\hat{x}^{(1)}(6)$  | 178.660,82     | 10.350,18       | 356,59          |
| $\hat{x}^{(1)}(7)$  | 204.261,03     | 11.766,92       | 407,48          |
| $\hat{x}^{(1)}(8)$  | 228.708,38     | 13.102,18       | 456,119         |
| $\hat{x}^{(1)}(9)$  | 252.054,76     | 14.360,64       | 502,59          |
| $\hat{x}^{(1)}(10)$ | 274.349,79     | 15.546,73       | 547             |

Tablo 5.5. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin  $\hat{x}^{(1)}$  Değerleri

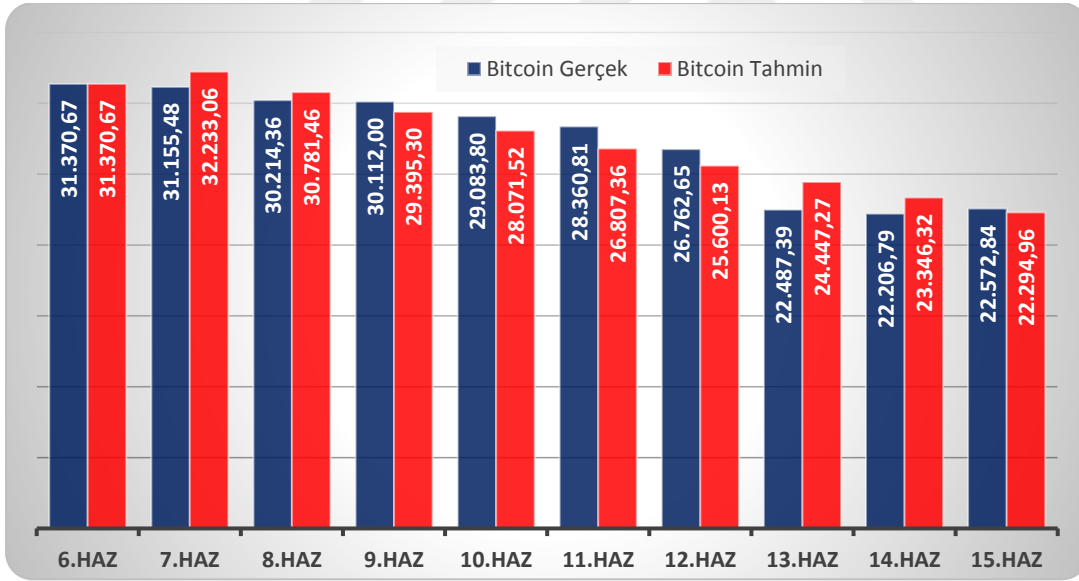
Son olarak elde edilen birikimli seriye TBÜİ uygulanarak orijinal haline dönüştürülmüş ve değişkenlere ait verilerin tahmin değerleri elde edilmiştir. Tahmin değerleri oluşturulan veri setine, tahmin performansını değerlendirmek amacıyla hata analizi yapılmış ve Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değeri hesaplanmıştır.

### 5.3.1.1. Bitcoin fiyat tahmini

Bitcoin için oluşturulan modelin GM (1,1) modeli ile elde edilen tahmin değerleri ve hatası aşağıdaki tabloda verilmiş, şekil 4.4 de ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

| Tarih           | Gerçek Değerler (USD) | Tahmin Değerleri (USD) | Hata Oranı (%) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| 6 Haziran 2022  | 31.370,67             | -                      | -              |
| 7 Haziran 2022  | 31.155,48             | 32.233,06              | 3,45           |
| 8 Haziran 2022  | 30.214,36             | 30.781,46              | 1,87           |
| 9 Haziran 2022  | 30.112,00             | 29.395,30              | 2,38           |
| 10 Haziran 2022 | 29.083,80             | 28.071,52              | 3,48           |
| 11 Haziran 2022 | 28.360,81             | 26.807,36              | 5,47           |
| 12 Haziran 2022 | 26.762,65             | 25.600,13              | 4,34           |
| 13 Haziran 2022 | 22.487,39             | 24.447,27              | 8,71           |
| 14 Haziran 2022 | 22.206,79             | 23.346,32              | 5,13           |
| 15 Haziran 2022 | 22.572,84             | 31.370,67              | 1,24           |
|                 |                       | <b>MAPE</b>            | <b>3,6</b>     |

Tablo 5.6. Bitcoin'e Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları



Şekil 5.4. Bitcoin'e Ait Gerçek Değerler ve G (1,1) Modeli ile Tahmin Edilen Değerler

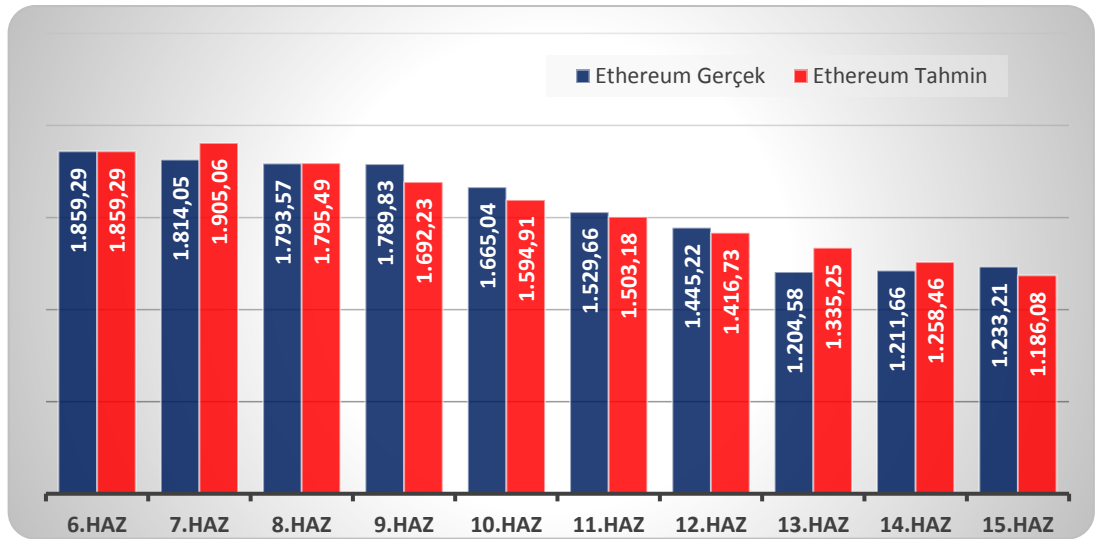
Görüldüğü üzere, GM (1,1) modeli kullanılarak 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihleri arasında Bitcoin için gerçekleştirilen tahminler sonucunda MAPE hata oranı %3,6 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda oluşturulan model %10'un altında MAPE değeriyle "yüksek doğruluk" düzeyine sahiptir.

### 5.3.1.2. Ethereum fiyatı tahmini

Diğer bir değişken olan Ethereum için tahmin değerleri, hata yüzdeleri ve MAPE değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiş ve Şekil 4.5 de grafiksel olarak gösterimi bulunmaktadır.

| Tarih           | Gerçek Değerler (USD) | Tahmin Değerleri (USD) | Hata Oranı (%) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| 6 Haziran 2022  | 1.859,29              | -                      | -              |
| 7 Haziran 2022  | 1.814,05              | 1.905,06               | 5,01           |
| 8 Haziran 2022  | 1.793,57              | 1.795,49               | 0,10           |
| 9 Haziran 2022  | 1.789,83              | 1.692,23               | 5,45           |
| 10 Haziran 2022 | 1.665,04              | 1.594,91               | 4,21           |
| 11 Haziran 2022 | 1.529,66              | 1.503,18               | 1,73           |
| 12 Haziran 2022 | 1.445,22              | 1.416,73               | 1,90           |
| 13 Haziran 2022 | 1.204,58              | 1.335,25               | 10,80          |
| 14 Haziran 2022 | 1.211,66              | 1.258,46               | 3,86           |
| 15 Haziran 2022 | 1.233,21              | 1.186,08               | 3,80           |
|                 |                       | MAPE                   | 3,65           |

Tablo 5.7. Ethereum'a Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları



Şekil 5.5. Ethereum'a Ait Gerçek Değerler ve G (1,1)Modeli ile Tahmin Edilen Değerler

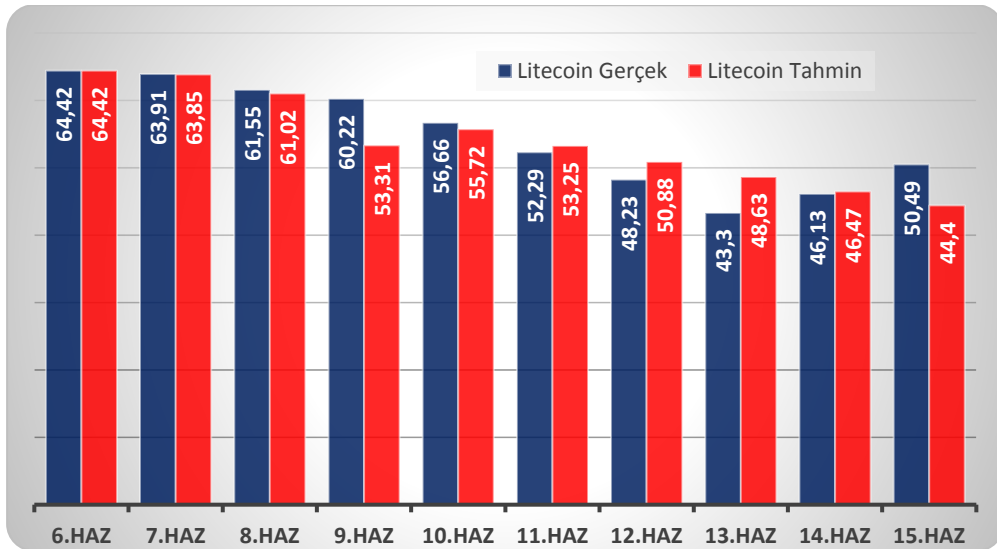
Ethereum değişkeninin Tablo 4.7. ve Şekil 4.5. incelendiğinde hata oranının %10'un altında bir değerde (3,2) "yuksek doğruluk" düzeyine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

### 5.3.1.3. Litecoin fiyat tahmini

Son olarak Litecoin için tahmin değerleri, hata yuzdeleri ve MAPE değerleri Tablo 4.8'deki gibidir.

| Tarih           | Gerçek Değerler (USD) | Tahmin Değerleri (USD) | Hata Oranı (%) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| 6 Haziran 2022  | 64,42                 | -                      | -              |
| 7 Haziran 2022  | 63,91                 | 63,85                  | 0,09           |
| 8 Haziran 2022  | 61,55                 | 61,02                  | 0,86           |
| 9 Haziran 2022  | 60,22                 | 53,31                  | 11,47          |
| 10 Haziran 2022 | 56,66                 | 55,72                  | 1,65           |
| 11 Haziran 2022 | 52,29                 | 53,25                  | 1,83           |
| 12 Haziran 2022 | 48,23                 | 50,88                  | 5,49           |
| 13 Haziran 2022 | 43,3                  | 48,63                  | 7,12           |
| 14 Haziran 2022 | 46,13                 | 46,47                  | 0,73           |
| 15 Haziran 2022 | 50,49                 | 44,4                   | 12,06          |
|                 |                       | <b>MAPE</b>            | <b>4,13</b>    |

Tablo 5.8. Litecoin'e Ait Tahmin Değerleri, MAPE Değeri, Hata Oranları



Şekil 5.6. Litecoin'e Ait Gerçek Değerler ve G (1,1) Modeli ile Tahmin Edilen Değerler

GM (1,1) ile yapılan analiz sonucunda Litecoin değişkenine ait MAPE değeri 4,13 olarak hesaplanmış ve diğer değişkenler gibi “yüksek doğruluk” düzeyinde bir model kurulduğu saptanmıştır.

Tahminler sonucunda her bir değişken için hata oranlarının “yüksek doğruluk” düzeyinde olduğu görülmüştür. Böylece tahmin için güvenilir modeller kurulduğu ve bu modellerin gelecek dönem tahmini için kullanılabileceği doğrulanmıştır.

### **5.3.2. Bitcoin, Ethereum ve Litecoin Kripto Paralarının Gelecek Dönem Fiyat Tahmini**

Tüm değişkenler için elde edilen sonuçlara bakıldığında GM (1,1) yöntemi ile oldukça düşük hatalara sahip tahminler yapıldığı anlaşılmaktadır. 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihlerini kapsayan verilerin kullanıldığı bu çalışmada her bir değişkenin %10’un altındaki hata payları ile oldukça gerçekçi tahminler yapılmıştır. Ele alınan kripto paraların GM (1,1) kurulan modellerinin tatmin edici sonuçlar vermesiyle 16 Haziran 2022 ve 17 Haziran 2022 tarihlerinin tahminleri yapılmıştır ve tahmin sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

|                        | <b>BTC/USD</b> | <b>ETH/USD</b> | <b>LTC/USD</b> |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>16 Haziran 2022</b> | 22.294,96      | 1.117,87       | 42,43          |
| <b>17 Haziran 2022</b> | 21.290,94      | 1.053,58       | 40,55          |

Tablo 5.9. Ele Alınan Değişkenlere Ait Gelecek Dönem Tahminleri



## 6. SONUÇ

İnsanlık tarihi boyunca, teknolojinin büyük bir hızla gelişimi ve ekonomilerde yaşanan küreselleşme ile birlikte, para türleri de sürekli değişmiş ve farklı formlarda karşımıza çıkmıştır. Kripto paralar, günümüzde en çok dikkat çeken finansal gelişmelerden biridir. Kripto para kavramı, 2008 yılında Bitcoin ile hayatımıza girdikten sonra, günümüze kadar popülerliği artmış ve hem devletlerin hem de yatırımcıların dikkatleri çekmeyi başarmıştır. Kripto paralar henüz herhangi bir merkezi otoriteye bağlı olamamasına rağmen işlem hızının yüksek olması, düşük maliyet ile işlem yapılmasına olanak sağlaması, farklı yatırım araçlarına göre yüksek kazançlar elde edilmesi gibi avantajlarından dolayı bireysel ve kurumsal yatırımcıların ilgi odağı haline gelmiştir. Bu nedenle çalışmada, yatırımcılara yol göstermek amacıyla piyasa değeri yüksek olan Bitcoin, Ethereum ve Litecoin kripto para birimlerinin fiyatları tahmin edilmiştir.

Kripto paraların fiyat tahmini, çok yeni ve istikrarı olmayan bir piyasa olduğundan dolayı kolay değildir. Bu çalışmada, yeterli genişlikte büyük örneklem ve bazı istatistiksel dağılımlara ihtiyaç duyan geleneksel tahmin yöntemleri yerine, küçük örneklem ile pratik ve doğruluk payı yüksek tahminler yapabilen ve son dönemlerde araştırmacılar tarafından sıkça kullanılan Gri Sistem Teorisi içerisinde yer alan Gri Tahmin Yöntemi tercih edilmiştir ve tanıtılmıştır. Gri Sistem Teorisinin tercih edilmesinin nedeni, literatürde bulunan çalışmalara bakıldığında diğer tahmin yöntemlerine göre daha iyi performans göstermesi olmuştur.

Gri tahmin yöntemi, sahip olunan mevcut verileri kullanarak, gri model GM (1,1) yardımıyla geleceği tahmin etmek için geliştirilmiştir. Öncelikle, Nitel veri analizi temelinde, mevcut olan veri serisi üzerinde uygun seri operatörleri tanımlanır. Daha sonra elde edilen seriler üzerinde GM (1,1) modeli oluşturulur. Modelin doğruluk kontrolleri yapılır, model doğruluk testinden başarılı bir şekilde geçer ise tahminler yapmak için kullanılabilir.

Çalışmada, kripto para piyasası için günlük gelişmelerin çok önemli olduğu düşünülerek 6 Haziran 2022-15 Haziran 2022 tarihli günlük veriler kullanılmıştır. Gri Sistem Teorisinin küçük örneklemle oldukça iyi sonuçlar verdiğini göstermek için sadece 10 gözlem seçilmiştir.

Uygulamada ilk olarak bilinirliği yüksek Bitcoin, Ethereum ve Litecoin kripto paralarına ait fiyat verilerinden ayrı ayrı zaman serileri oluşturulmuş ve bu değere BÜİ uygulanarak monoton bir şekilde artan birikimli zaman serileri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen birikimli zaman serilerindeki art arda gelen verilerin ortalaması alınarak yeni zaman serileri oluşturulmuştur.

İkinci olarak, tahmin işlemini gerçekleştirebilmek için bilinmesi şart olan “a” (geliştirme katsayısı) ve “b” (gri etki miktarı) parametrelere ait değerler, her değişken için ayrı ayrı EKK yöntemiyle hesaplanmıştır. Daha sonra, GM (1,1) modeli için tanımlanan değişkenlere ait gri diferansiyel eşitlikler çözülmüş ve kümülatif tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu kümülatif tahminlerine TBÜİ uygulanarak değerşkenlere ait verilerin tahmin değerlerine ulaşılmıştır.

Üçüncü olarak, tahmin performansını ölçmek amacıyla, tahmin hatalarını yüzde olarak gösterdiği için tek başına bir anlamı olan ve bu özelliği ile diğer tahmin doğruluğu istatistiklerine göre üstün sayılması nedeniyle Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) yöntemi tercih edilmiştir. GM (1,1) modeliyle yapılan tahminler sonucunda uygulamada kullanılan Bitcoin, Ethereum ve Litecoin değerşkenleri için sırasıyla MAPE değerleri; bitcoin için 3,60, 3,65 ve 4,13 hesaplanmıştır. Her bir değerşken için kurulan modellerin, %10'luk hata oranının altında “yüksek doğruluk” düzeyine sahip olduğu görülmüş ve gelecek tahmini için kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.

Son olarak, düşük hata oranı ile GM (1,1) modelinin doğru kurgulandığı görüldükten sonra değerşkenlerin, gelecek 16 Haziran 2022-17 Haziran 2022 günlerinin fiyat tahmini yapılmıştır. Gelecek dönem tahmin sonuçları aşığıdaki yorumlanabilir.

Bitcoin fiyatının, 16 Haziran 2022 tarihinde 22.294,96 USD değerinde olacağı ve %28,93 azalacağı öngörülmektedir. 17 Haziran 2022 ise bir önceki güne göre 1.004,02 USD gerileyeceği ve 21.290,94 değerinde olacağı tahmin edilmiştir.

Ethereum fiyatı için, 6 Haziran 2022 tarihinde 1.859,29 USD olan değer, 16 Haziran 2022'de 1.117,87 USD' ye ve 17 Haziran 2022'de ise 1.053,58 gerilemiştir.

Litecoin değerşkeni için ise başlangıçta 64,42 USD olan fiyat 16 Haziran 2022 tarihinde 42,43 ve 17 Haziran 2022'de 40,55 USD olacağı tahmin edilmiştir.

Kullanılan bütün değişkenlerin değerlerinin, görüldüğü gibi negatif trend eğiliminde olduğunu söyleyebiliriz. Bu durumda yatırım yapmak oldukça riskli olacaktır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında, kripto para fiyatlarının tahmininde, kısıtlı veri ile oluşturulan GM (1,1) modelinin, hata oranları oldukça düşük tahminler yaptığı ve kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Kripto para fiyatları tahmin edilirken, daha geniş bir örneklem ile GM (1,1) ve GM (1,N) modelleri birlikte kullanılarak daha uzun dönem tahminleri yapılabilir. Ayrıca, farklı Gri Sistem Teorisi yöntemleri ile GM (1,1)'nin tahmin sonuçları karşılaştırmaya dâhil edilebilir.





## KAYNAKLAR

- Akleylek, S., Yıldırım, H. M. (2012) “Kriptoloji ve Uygulama Alanları: Açık Anahtar Altyapısı ve Kayıtlı Elektronik Posta”.
- Albayrak, Ö. K. (2021). *Gri Sistem Teorisi Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Uygulama Örnekleri*, Ankara.
- Akay, D., Atak, M. (2007). “Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey”, *Energy*, 32, 1670–1675.
- Arıkan, N., İ. (2020). *Para Kuramı Açısından Kripto Paraların Ekosistemi*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Askari, M., Askari, H. (2011). “Time series grey system prediction-based models: Gold price forecasting. *Trends in Applied Sciences Research*”, 6 (11), 1287-1292.
- Aşar, A. O. (2016). *Türkiye’de Takas Sistemi ve Uygulamadaki Problemlerle İlgili Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aydemir, E., Bedir, F., Özdemir, G. (2013). “Gri Sistem Teorisi ve Uygulamaları: Bilimsel Yazın Taraması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (3), 187-200.
- Aydoğan, E. K., Gencer, C. (2007). “Kaba Küme Yaklaşımı Kullanılarak Veri Madenciliği Problemlerinde Sınıflandırma Amaçlı Olan Çalışmalar”, 17-32.
- Atış, D. (2014). “Elektronik Para Birimleri”.
- Bayramoğlu, M. F. (2012). *Yüksek Volatilite Dönemlerinde Gri Sistem Teorisi Destekli Markowitz Portföy Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bunjaku, F., Trajkovska, O. G., Kacarski, E. (-). Cryptocurrencies-Advantages and Disadvantages. 31-39
- Chaum, D. (1983). “Blind Signatures for Untraceable Payments”, 199-200.
- Chaum, D. (1991). “Group Signatures”, *Advances in Cryptology*, 257-265.
- Çarkacıoğlu, A. (2016). “Kripto Para-Bitcoin”, *Sermaye Kurulu Piyasası Araştırma Raporu*.
- Deng, J. (1982). “Control problems of grey systems”, *Systems and Control Letters*, 1 (5),288-294.
- Deng, J. “Application of Grey System Theory in China”.

- Deng, J. (1989). "Introduction to Grey System Theory", *The Journal of Grey System*, 1, 1-24.
- Dilek, Ş. (2018). *Blockchain Teknolojisi ve Bitcoin*. Türkiye.
- Dizkırıncı, A. S., Gökğöz, A. (2018). "Kripto Para Birimleri ve Türkiye’de Bitcoin Muhasebesi", *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies*, 92-105.
- Feng, C., Wang, R. (2000). "Performance Evaluation for Airlines Including the Consideration of Financial ratios", *Journal of Air Transport Management*, 6 (2000), 133-142.
- Eren, T., Kaçtıoğlu, S. (2017). "Türkiye’deki Doğal Gaz Tüketimi ve Gri Tahmin Metoduyla Tahmin Edilmesi", *İstanbul Commerce University Journal of Science*, 16 (31), 23-41.
- Evlimoğlu, U., Gümüş, T. (2018). "İtibari Paranın Kullanımdan Kaldırılmasına Yönelik Teorik Bir Değerlendirme", *LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 167-183.
- Fidan, M., Dilek, S., Esev, A. (2019), "Dünden Bugüne Paranın Tarihi ve Türkiye’de Kâğıt Para Kullanımı", *Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (18), 141-162.
- Gül, H. (2019). "Bitcoin ve Türevi Varlıkların Muhasebeleştirilmesine İlişkin Bir Değerlendirme", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22 (2), 444-454.
- Hsu, C.C., Chen, C.Y. (2003). "Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting. Energy Conversion and management", 44 (14), 2241-2249.
13. Hsu, C., Wen, Y. (1998), "Improved Grey Prediction Models for the Trans-Pacific Air Passenger Market", *Transportation Planning and Technology*, 22, 87-107.
- İnci, S., Alper, İ. (2018). *Bitcoin Devrimi*, Ankara.
- Kaplanhan, F. (2018). "Kripto Paranın Türk Mevzuatı Açısından Değerlendirilmesi "Bitcoin Örneği", *Vergi Mevzuatı ve Maliye Teorisi*.
- Kayacan E., Ulutaş, B., Kaynak, O. (2010). "Grey System Theory-Based Models in Time Series Prediction", *Expert Systems with Applications*, 37 (2010), 1784–1789.
- Kesebir, M., Günceler, B. (2019), "Kripto Para Birimlerinin Parlak Geleceği", *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (17), 605-625.
- Köse, E. (2010). *Gri Sistem Teorisi ve Belirsizlik Ortamı İçin EQQ Modeline Uygulanması*, Doktora Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Lansky, J. (2018). "Possible State Approaches to Cryptocurrencies", *Journal of Systems Integration*, 19-31.
- Liu, S., Deng, J. (2000). "The Range Stuitable for GM (1,1)", 121-124.
- Lin, Y., Chen, M., Liu, S. (2004). "Theory of Grey Systems: Capturing Uncertainties of Grey Information", 33 (2), 196-218.
- Liu, S., Lin, Y. (2006). *Grey Information Theory and Practical Applications*, United States of America.
- Liu, S., Lin, Y. (2010). *Grey Systems Theory and Applications*, German.
- Liu, S., Xie, N. (2010). "Novel methods on comparing grey numbers", *Applied Mathematical Modelling*, 34 (2010), 415–423.
- Liu, S., Forrest, J., Yang, Y. (2011). "A Brief Introduction to Grey Systems Theory", 1-9.
- Liu, S., Xu, B., Forrest, J., Chen, Y., Yang, Y. (2013). "On Uniform Effect Measure Functions and a Weighted Multi-attribute Grey Target Decision Model", *The Journal of Grey System*, 25 (1), 1-11.
- Liu, S., Yang, Y., Forrest, J., Rui, H. (2016). "Explanation of Terms of Concepts and Fundamental Principles of Grey Systems", *Grey Systems: Theory and Application*, 6 (3), 429-435.
- Liu, S., Yang, Y., Forrest, J. (2016). *Grey Data Analysis Methods, Models and Applications*, Verlag.
- Lo, S., Wang, J. C. (2014). *Bitcoin as Money?*, Boston.
- Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System".
- Nebil, F. S. (2018). *Bitcoin ve Kripto Paralar: Sistemi Yıkan Bir Araç Olabilecek mi?*, İstanbul.
- Nguyen, N. (2021). "Integrating Two Stages of Malmquist Index and Grey Forecasting to Assess Industrial Performance: A Case of Vietnamese Steel Industry", *The Journal of Grey System*, 33 (1), 43-58.
- Mierzwiak, R., Nowak, M., Xie, N. (2020). "A New Approach to The Degree of Greyness", *Grey Systems: Theory and Application*, 11 (142).
- Mishkin, F. S. (2004). *The Economics of Money, Banking and Financial Markets*, United States of America
- Özbaş, M. Y. (2019). "Elektronik Para ve Sanal Para: Bitcoin Geleceğin Para Birimi Olabilecek mi?", *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, (1), 85-104.

- Öztürk, A. (2016). *Yöneylem Araştırması*, Bursa.
- Öztürk, N., Koc, A. (2016). “Elektronik Para, Diğer Para Türleriyle Karşılaştırılması ve Olası Etkileri”, *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 207-239.
- Sakız, B., Gencer, A. H. (2017). “Yapay Sinir Ağları ile Bitcoin Fiyatını Tahminleme”, *International Conference on Eurasian Economies*, 438-444.
- Sayın, K. Ş., Mercan, E. (2018). “Kripto Para Birimleri: Vergilendirilmesi ve Dünyadaki Uygulamaları”, *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5 (20), 701-711.
- Şahin, E. E., Bağcı, B. (2020). “Kripto Para Fiyatlarının Tahmininde Gri Sistem Teorisi: Yöntemsel Karşılaştırma”, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20 (1), 219-232.
- Şahin, H. (2016). “Paranın Doğası ve Türleri Üzerine Bir İnceleme”, 1-9.
- Şıklar, İ. (2004). *Para Teorisi ve Politikası*, Eskişehir.
- Tevetoğlu, M. (2021). “Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler”, *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12 (1), 193-208.
- Tikhomirov, S., Voskresenskaya, E., Ivanitskiy, I. (2018). “SmartCheck: Static Analysis of Ethereum Smart Contracts”, *International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain*, 9-16.
- Tseng, M. (2009). “A Causal and Effect Decision Making Model of Service Quality Expectation Using Grey-Fuzzy DEMATEL Approach”, *Expert Systems with Applications*, 36 (2009), 7738-7748.
- Turgut, E., Uçan, O. (2021). *Kripto Para ve Blockchain Teknolojisi Ekonometrik Zaman Serisi Analizi*, İstanbul.
- Usta, A., Doğanterkin, S. (2019). *Blockchain 101*, İstanbul.
- Üstün, E. S. (2021). *Akıllı Sözleşmeler: Blokzincir Teknolojisi*, Ankara.
- Yalta, A. Y. (2011). *Para Teorisi ve Politikası Ders Notları*, Hacettepe Üniversitesi İktisat Bölümü. Ankara.
- Yang, Y., John, R. (2011). “Grey Sets and Greyness”, *Centre for Computational Intelligence*, 1-37.
- Yang, Y., Forrest, J., Liu, S. (2012). “Some Extended Operations of Grey Sets” *Uncertain Systems: Models, Methods and Applications-Part 2*, 41 (7/8), 860-873.

Yavuz, M. S. (2019). “Ekonomide Dijital Dönüşüm: Blockchain Teknolojisi ve Uygulama Alanları Üzerine Bir İnceleme”, *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 15-29.

Yumuşaker, M. C. (2019). “Kripto Para ve Tipleri, Bitcoin Olgusu ve Muhasebesi”, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 12 (18),1007-1029.

Yüksel, A. E. Y. (2015). “Elektronik Para, Sanal Para, Bitcoin ve Linden Dolarına Hukuki Bir Bakış”, 173-220.

Wang, J., Dang, Y., Li, X. (2013). “Constructing and Solving the Whitenization Weight Function with Interval Grey Number”, *11<sup>th</sup> International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics*, 1736-1744.

Wu, H., Chen, F. (2011). “The application of grey system theory to exchange rate prediction in the post-crisis era”, *International Journal of Innovative Management, Information & Production*, 2 (2), 83-89.

İnternet erişimi: <https://coinmarketcap.com/>

İnternet erişimi: Eğilmez, M. (2017) “*Kendime Yazılar: Kripto Paralar, Bitcoin ve Blockchain*”, <http://www.mahfiegilmez.com/2017/11/kripto-paralar-Bitcoin-ve-blockchain.html>, (20.05.2022).



## ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı: Ceren SÜMER

Uyruğu: T.C.

### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                                                                                    | Yıl         |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Yüksek Lisans | Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi<br>Sosyal Bilimler Enstitüsü<br>Yöneylem Araştırması Bölümü | 2018 - 2022 |
| Lisans        | Akdeniz Üniversitesi<br>İktisadi İdari Bilimler Fakültesi<br>Ekonometri Bölümü                   | 2012- 2017  |

### Yabancı Dil

İngilizce



